

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění, montáže a strojírenské metrologie

Racionalizace výroby žebrové podkladnice v podmínkách firmy Třinecké železářny, a.s.

Rationalization of Production Ribbed Sole, in the Company Třinecké železářny a.s.

Student:

Bc. Adam Pomykacz

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Jiří Kratochvíl, Ph.D.

Ostrava 2015

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Adam Pomykacz**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie
Specializace: 20 Strojírenská technologie
Téma: **Racionalizace výroby žebrové podkladnice v podmínkách firmy
Třinecké železárny, a.s.
Rationalization of Production Ribbed Sole, in the Company Třinecké
železárny a.s.**

Zásady pro vypracování:

1. Úvod.
2. Teoretický rozbor daného problému.
3. Návrh řešení dané problematiky.
4. Technicko-ekonomické zhodnocení.
5. Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] KOCMAN, K.; PROKOP, J. *Technologie obrábění*. Brno : Akademické nakladatelství CERM s.r.o. Brno. 2001, 270 s. ISBN 80-214-1996-2.
[2] VASILKO, K.; NOVÁK-MARCINČIN, J.; HAVRILA, M. *Výrobné inžinierstvo*. Prešov : Datapress Prešov. 2003, 424 s. ISBN 80-7099-995-0.
[3] NESLUŠAN, M.; TUREK, S.; BRYCHTA, J.; ČEP, R.; TABAČEK, M. *Experimentálne metódy v trieskovom obrábaní*. Žilina : EDIS Žilina, 2007. s. 343. ISBN 978-80-8070-711-8.
[4] HUMÁR, A. *Slinuté karbidy a řezná keramika pro obrábění*. Brno : CCB, s.r.o. Brno, 1995. 265 s. ISBN 80-85825-10-4.


Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jiří Kratochvíl, Ph.D.**

Datum zadání: 12.12.2014

Datum odevzdání: 18.05.2015




Ing. et Ing. Mgr. Jana Petrů, Ph.D.
vedoucí katedry


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité prameny a literaturu.

V Ostravě

.....10.5.2015.....

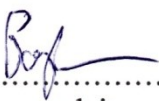
..........

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі́, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі́, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), že ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výdělek její obhajoby.

V Ostravě: 10. 5. 2015


.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Adam Pomykacz

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Bukovec 114

739 85

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

POMYKACZ, A. *Racionalizace výroby žebrové podkladnice v podmínkách firmy Třinecké železářny, a.s.* Ostrava, 2015. Diplomová práce. VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže. Vedoucí práce Kratochvíl, J.

Cílem této diplomové práce je racionalizace výroby žebrové podkladnice, tedy sledování a návrh příslušného zlepšení v oblasti frézování drážky pro šroub v žeburu podkladnice. První část diplomové práce se zabývá teoretickým rozбором problematiky, tedy rozбором části železničního svršku, frézování, řezných materiálů a původního způsobu frézování podkladnice včetně rozboru soustavy SNOP. Druhá část navrhuje zlepšení v oblasti obrábění, rozebírá podrobně změny v nástrojích a vyhodnocuje výhody a nevýhody této racionalizace procesu výroby. V závěru práce je zhodnocení změny a porovnání zlepšení z původním způsobem výroby.

ANNOTATION OF MASTER THESIS

POMYKACZ, A. *Rationalization of Production Ribbed Sole, in the Company Třinecké železářny a.s.* Ostrava, 2015. Master Thesis. VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Working and Assembly. Thesis head: Kratochvíl, J.

The aim of this thesis is to rationalize production ribbed sole, a monitor and a draft of the improvement in milling slots for screw-in rib-plate. The first part of the thesis deals with theoretical analysis of the issues, namely the analysis of railway superstructure, milling, cutting materials and original way of cutting the base plate including an analysis system sheaf. The second part proposes improvement in machining, discusses in detail the changes in the tools and evaluates the advantages and disadvantages of the rationalization of the production process. At the end of the work is evaluate the changes and improvements compared to the original method of production.

Obsah

1. Úvod.....	7
2. Teoretický rozbor problematiky	8
2.1. Žebrová podkladnice jako část železničního svršku.....	8
2.2. Frézování.....	11
2.2.1. Princip a význam frézování.....	12
2.2.2. Rozdělení frézování.....	13
2.2.3. Rozdělení fréz.....	16
2.2.4. Frézování drážek.....	18
2.3. Řezné materiály.....	20
3. Rozbor stávající technologie výroby.....	24
3.1. Frézovací linka.....	24
3.2. Použité nástroje.....	26
3.3. Obrobek.....	29
3.4. Přípravek.....	31
3.5. Původní technologický postup frézování drážky.....	32
3.6. Nevýhody stávající technologie.....	34
4. Návrh změny v technologii frézování drážky.....	36
4.1. Nástroje použité v inovované technologii frézování drážky.....	36
4.2. Změna v technologickém postupu.....	39
5. Technicko-ekonomické zhodnocení.....	41
5.1. Výhody nového způsobu obrábění.....	41
5.2. Nevýhody nového způsobu obrábění.....	43
5.3. Ekonomické zhodnocení.....	43
6. Závěr.....	44
7. Seznam použité literatury.....	45

Seznam použitých symbolů a zkratek:

Označení	Popis	Jednotka
TŽ	Třinecké železářny	[-]
MS	Moravia Steel	[-]
VH	Válcovna předvalků a hrubých profilů	[-]
DK	Drobné kolejivo	[-]
ŽP	Žebrová podkladnice	[-]
SNOP	Soustava: stroj-nástroj-obrobek-přípravek	[-]
SK	Slinutý karbid	[-]
HSS	Rychlořezná ocel	[-]
VBD	Vyměnitelná břitová destička	[-]
a_p	Hloubka řezu	[mm]
f	Posuv	[mm]
t	Čas nástroje v řezu	[min]
v_c	Řezná rychlost	[m/min]
v_f	Posuvová rychlost	[mm/min]
n	Počet otáček nástroje	[min ⁻¹]
f_n	Posuv na otáčku	[mm]
f_z	Posuv na zub	[mm]
D_1	Průměr frézy	[mm]
B	Šířka frézy	[mm]
Z	Počet zubů	[-]
s	Výška frézy	[mm]
d_2	Průměr krčku frézy	[mm]
d	Průměr upínacího prvku frézy	[mm]
L	Délka frézy	[mm]

1. Úvod

Třinecké železářny a.s. jsou největší českou hutí s domácím kapitálem a největším výrobcem oceli v České republice. Tento významný podnik s uzavřeným hutním cyklem společně se společností Moravia Steel a desítkami dceřiných společností se řadí k významným průmyslovým podnikům ve střední Evropě. Tradice hutní výroby v Třinci sahá až do roku 1839, kdy byl tento podnik založen Těšínskou komorou, kterou v té době vlastnil arcivévoda Karel Habsburský. Dnes tento podnik zaměstnává více jak 5500 kmenových zaměstnanců a ve velké míře se podílí na rozvoji celého regionu.

Mezi hlavní produkty, které dnes Třinecké železářny vyrábí, patří především válcovaný drát, válcované tyče, lité a válcované polotovary, bezešvé trubky, tažená ocel a kolejnice včetně příslušenství jakož to spojky, svěrky a žebrové podkladnice. Posledním zmiňovaným výrobkem se bude zabývat tato diplomová práce.

Kolejnice, svěrky, spojky a podkladnice se vyrábí válcováním na válcovně předvalků a hrubých profilů vratným způsobem na válcovacích duo stolicích. Základním typem kolejnic jsou kolejnice širokopatní, výhybkové (jazykové, srdcovkové), tramvajové a kolejnice pro důlní a polní dráhy. Tento sortiment výrobku se válcuje na provoze VH - válcovna předvalků a hrubých profilů, kde je po odválcování, vyrovnaní, zkrácení vývalku na požadovanou délku hotovým výrobkem. Pro výrobu žebrové podkladnice je brán vývalek příslušného profilu jako polotovar, který se dále zpracovává a obrábí podle požadavku zákazníka na středisku VH - Drobné kolejiivo. Existuje celá řada jednotlivých typů kolejnic a příslušenství především v závislosti na místě určení výrobku (EU, USA,...).

Stále větší požadavky ze strany zákazníka na kvalitu a způsob zpracování výrobku klade velký nárok na proces výroby jednotlivého sortimentu a vývoj nových technologií. Rovněž je zde vyvíjen tlak na rychlost výroby bez narušení rozměrové přesnosti výrobku, trvanlivost nástroje a v neposlední řadě co nejmenší ekonomickou náročnost celého procesu výroby.

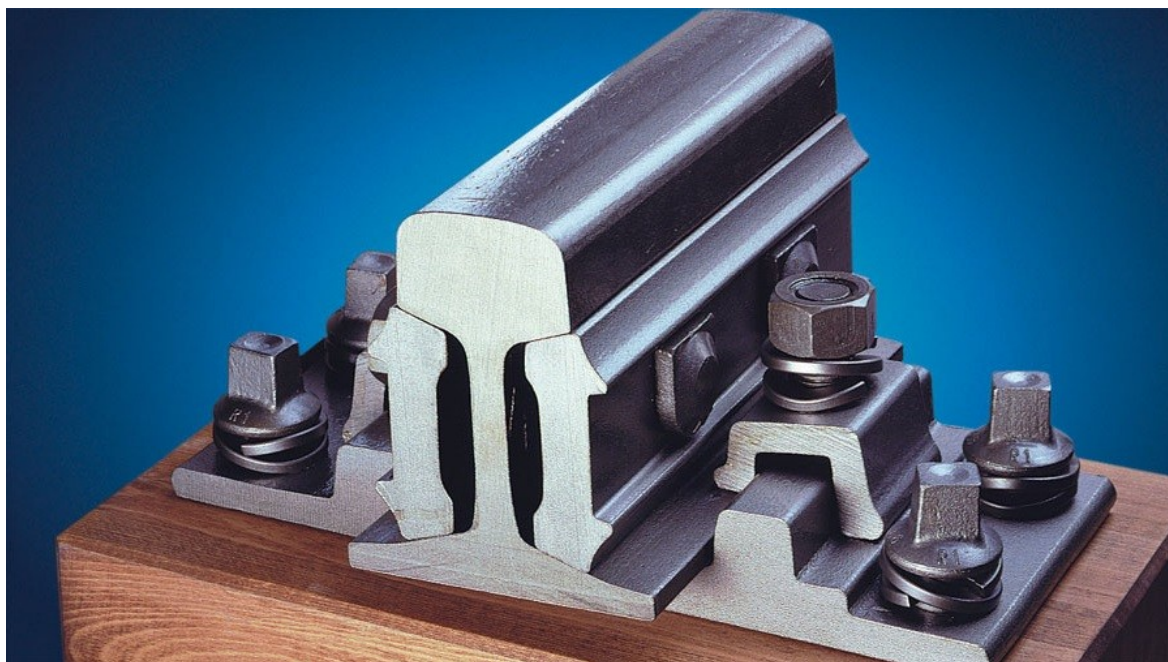
Teoretická část bude sepsána pomocí podkladů z literatury a informací, které autor nabyl v dosavadním studiu a praxi. Praktická část je však vypracována na základě praktických poznatků a výpočtů, které byly čerpány na provozu Třineckých železáren.

2. Teoretický rozbor problematiky

Tato kapitola bude rozebírat problematiku železničního svršku, frézování, nástrojových materiálů a obecný způsob výroby žebrové podkladnice.

2.1. Žebrová podkladnice jako část železničního svršku

Železniční svršek (viz obr. 2.1) je jedna ze dvou základních částí železniční nebo jiné kolejové trati. Tvoří dráhu, která vede a nese vozidlo. Základním prvkem železničního svršku jsou kolejnice, spojky, svěrky, šrouby, podložky, matice, podkladnice a pražec ať už betonový nebo dřevěný.



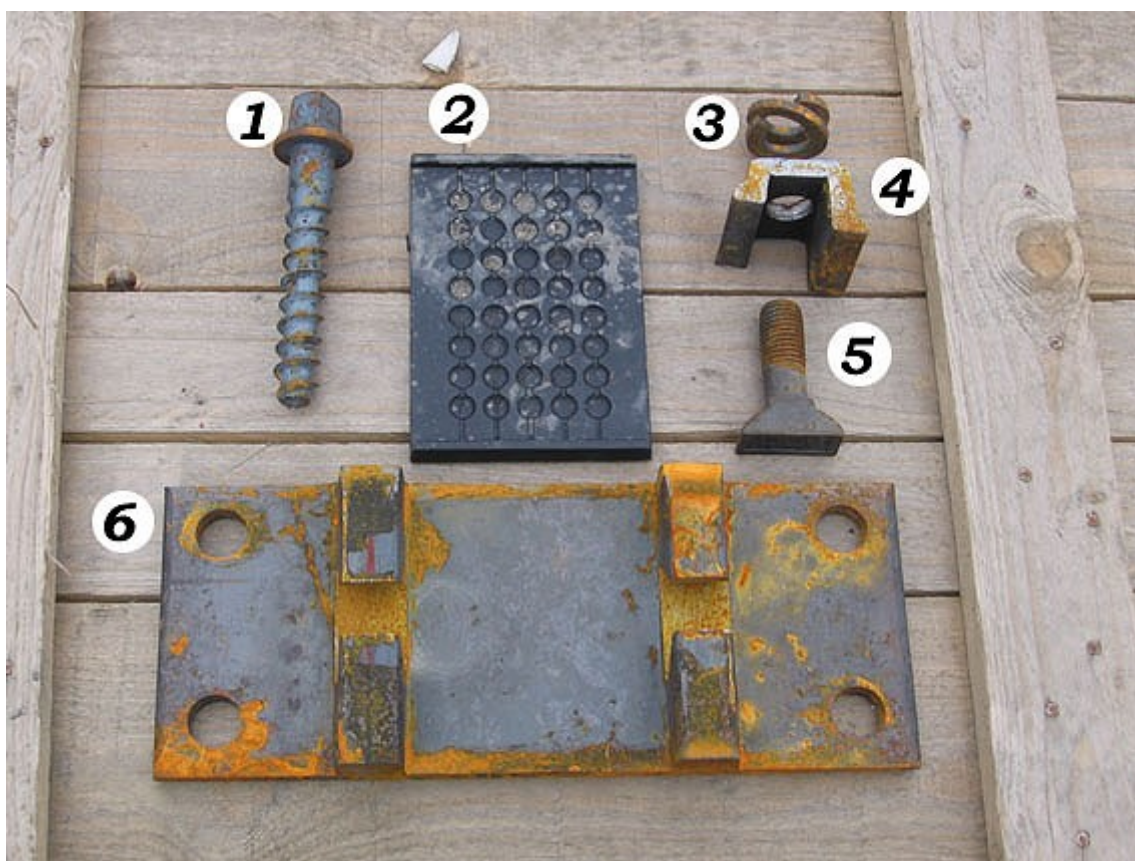
Obr. 2.1 Modelový příklad železničního svršku. [1]

Žebrová podkladnice je ocelová deska, která se vkládá mezi kolejnici a pražec. Slouží jako podložka pro správné usazení a upevnění kolejnice. Je součástí železničního svršku, který tvoří kompletní železniční dráhu. Hlavním úkolem žebrové podkladnice je zvětšit kontaktní plochu mezi pražcem a kolejnicí, aby se snížil tlak ve stykové ploše, což vede k prodloužení životnosti pražců. V případě nepřímého upevnění kolejnic se upevňovací prvky montují do příslušně tvarovaných podkladnic, které jsou připevněny k pražcům.

Podkladnice a další součásti (viz obr. 2.2) sloužící k upevnění kolejnic se označují souhrnným názvem drobné kolejivo.

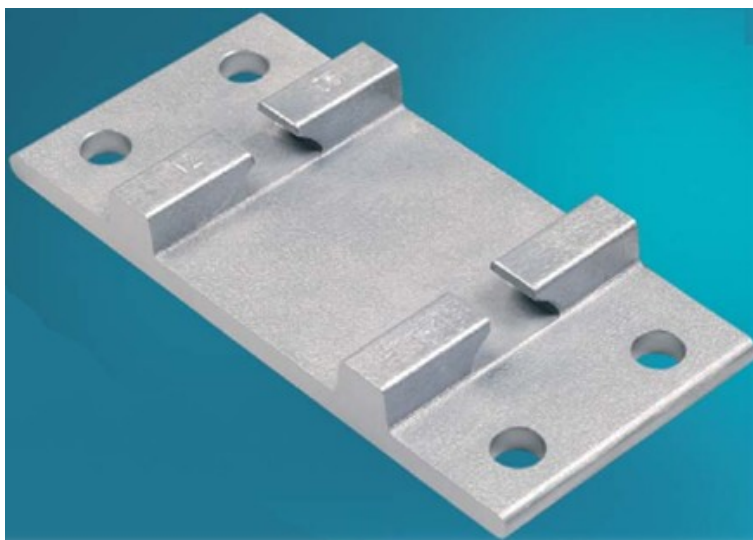
K drobnému kolejivu patří zejména:

- podkladnice,
- vrtule (vrtuty sloužící k upevnění podkladnic do pražců),
- svěrky,
- podložky,
- šrouby,
- matice,
- kolejnicové spojky.



Obr. 2.2 Žebrová podkladnice s příslušenstvím: 1 - vrtule, 2 - pryžová podložka, 3 - pružná podložka, 4 - svěrka, 5 - šroub, 6 - podkladnice. Matice chybí [10]

Jako polotovar pro výrobu žebrové podkladnice slouží válcovaný profil, který se dělí na požadované délky pomocí pásové pily nebo se stříhá na lisu Schmerall, v závislosti na požadavku zákazníka. Dalším krokem je vyvrtání, popřípadě vystřížení otvorů pro uchycení podkladnice do pražců. Následné vyfrézování drážek pro šrouby v žebrech podkladnice je právě důvodem racionalizace výroby, což je obsahem této diplomové práce. Finálním krokem je ojehlení, očištění podkladnice, její paletizace a uskladnění hotového výrobku v expediční hale.



Obr. 2.3 Vizualizace žebrové podkladnice ŽP S49-0. [1]

Žebrová podkladnice (viz obr. 2.3) jakož to součást železničního svršku, a tedy i kompletní železniční dráhy je používána na železničních koridorech (viz obr. 2.4) takřka po celém světě.

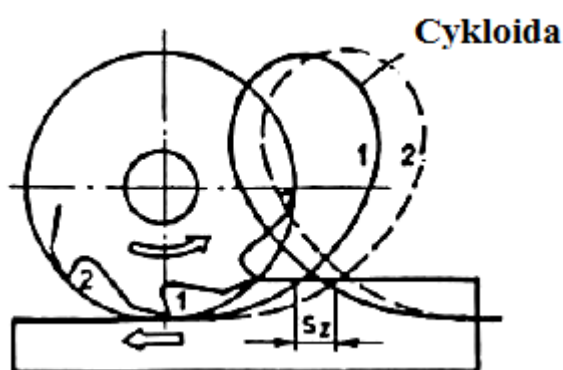


Obr. 2.4 Železniční koridor. [1]

2.2. Frézování

Frézování je způsob třískového obrábění, kde je z obrobku odebírána vrstva materiálu ve formě třísky rotačním vícezubým nástrojem, tedy frézou. Fréza se při obrábění otáčí kolem své osy a při posuvu vůči obrobku se zařezává a odebírá pomocí zubů třísky. Každý jednotlivý zub postupně odřezává z obráběného materiálu třísky různé tloušťky přerušovaným způsobem řezání. [7]

Tento způsob obrábění, při použití různých druhů frézovacích nástrojů umožňuje obrábět především rovinné plochy, ale taky plochy tvarové, rotační, nepravidelné, šikmé, dále pak drážky a vybrání různých tvarů, různé typy ozubení na ozubených kolech a hřebenech, dělení materiálů na různé délky atd. Právě široké uplatnění a možnost přesné výroby řadí frézování mezi nejrozšířenější způsoby obrábění ve strojírenské výrobě. Frézování za pomoci velkých řezných rychlostí ve většině případů umožňuje produktivnější a hospodárnější obrábění materiálu, než je způsob obrábění jednobřitými nástroji jako například obrázení nebo hoblování. V některých zvláště komplikovaných případech je frézování jedinou možností jak danou součást obrobít. [7]

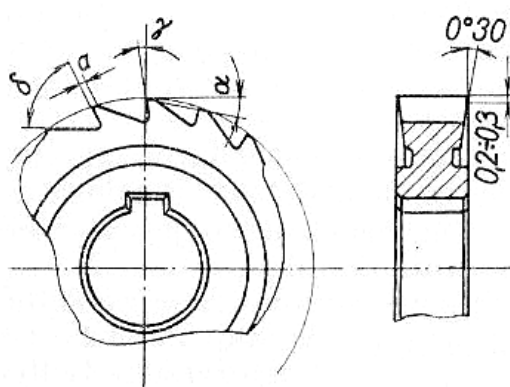


Obr. 2.5 Dráha ostří zubu [6]

2.2.1. Princip a význam frézování

Pevně upnutý obrobek na pracovním stole frézky vykonává směrem k nástroji plynulý pohyb - pracovní posuv (vedlejší pohyb). V některých případech jako například při frézování drážek v podkladnicích se místo obrobku posouvá otáčející se fréza.

Každý jednotlivý břit frézy během frézování vykonává kromě otáčivého pohybu ve vztahu k obrobku také pohyb posuvný. Výsledkem tedy je, že záběrová dráha každého zubu není kruhová, ale ve skutečnosti má tato dráha tvar cykloidy (viz obr. 2.5). Jde tedy o řezný pohyb zubu (pohyb hlavní). Aby byl břit schopen odebírat třísku, musí být k tomu náležitě upraven. Každý zub má klínovité provedení zakončené břitem, tvořený plochou čela a hřbetu, v jejichž průsečíku vznikne ostří, které je schopno odřezávat třísky. [7]



Obr. 2.6 Geometrie břitu kotoučové frézy. [6]

Vzájemná poloha ploch břitu nástroje a obrobku tvoří soustavu úhlů, které nazýváme geometrie břitu (viz obr. 2.6). Hodnoty jednotlivých úhlů jsou závislé na druhu obráběného materiálu a u normalizovaných fréz mají stanovenou hodnotu (viz tab. 2.1). [7]

Tab. 2.1 Závislost úhlu břitu na obráběném materiálu. [6]

Obráběný materiál	Úhel čela γ (°)	Úhel hřbetu α (°)
ocel do pevnosti 600 MPa	12 až 80	5 až 8
ocel do pevnosti 850 MPa	8 až 12	4 až 6
šedá litina do tvrdosti 120 HP	6 až 10	5 až 6
měď	12 až 20	5 až 6
mosaz, bronz	0 až 12	4 až 8
lehké slitiny	15 až 30	8 až 12

Obráběná plocha

- je plocha, z níž se odebírá vrstva materiálu, která se mění v třísku.

Plocha řezu

- vytváří se na obrobku hlavním a vedlejším břitem nástroje a tvoří přechod mezi obráběnou a obrobenou plochou.

Obrobená plocha

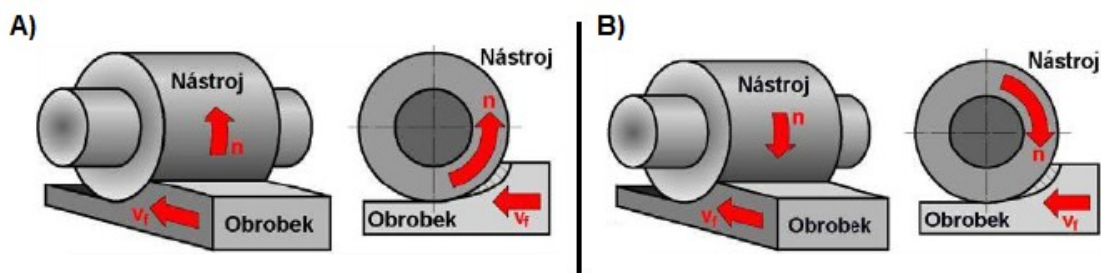
- nově vytvořený povrch, který vznikne odebíráním vrstvy materiálu.

2.2.2. Rozdělení frézování

Podle technologického hlediska se podle polohy osy nástroje vůči obráběné ploše rozlišují dva typy frézování:

a) Válcové frézování (viz obr. 2.7)

- obvodem nástroje
- osa nástroje je rovnoběžná s obráběnou plochou.

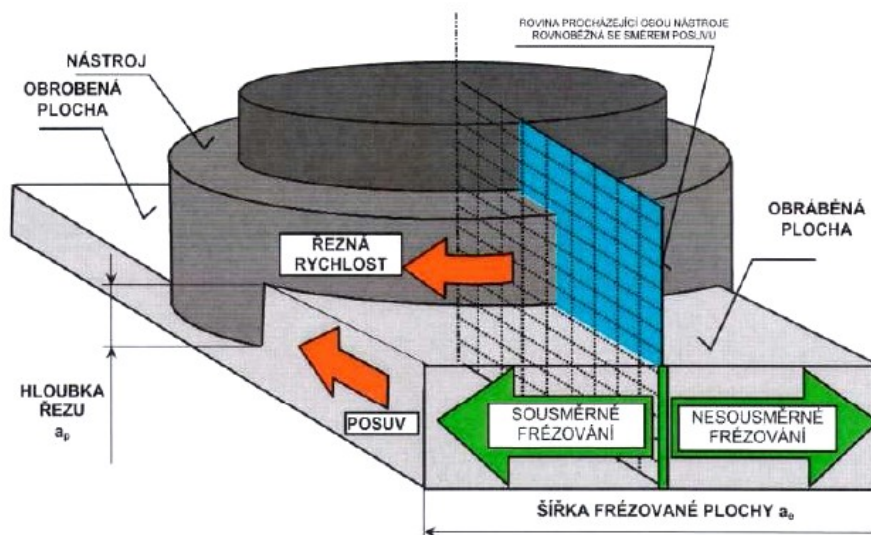


Obr. 2.7 Válcové frézování a) sousledné b) nesousledné. [5]

Při použití válcového frézování se používají válcové a tvarové frézy. Zuby se nacházejí pouze po obvodu nástroje, hloubka řezu se dá nastavit v rovině kolmé na osu frézky a na směr posuvu. Obrobená plocha je rovnoběžná s osou otáčení nástroje. V závislosti na směru otáčení nástroje rozeznáváme dva druhy válcového frézování. [7]

b) Čelní frézování (viz obr. 2.8)

- čelem nástroje
- osa nástroje je kolmá na obráběnou plochu.



Obr. 2.8 Čelní frézování. [5]

U čelního frézování má nástroj umístěny břity jak na obvodu frézy, tak i na čele nástroje (plocha kolmá k ose frézy). Při čelním frézování probíhá jak sousledné tak i nesousledné frézování současně (viz obr. 2.8).

Podle smyslu otáčení frézy vzhledem ke směru posuvu obrobku rozlišujeme:

a) Sousledné frézování (viz obr. 2.7a)

Směr rotace řezného nástroje je při sousledném frézování ve směru posuvu obrobku. Charakteristickým znakem tohoto typu frézování je proměnlivá tloušťka třísky (od maximální po nulovou hodnotu). K tomu, aby mohlo být na stroji prováděno sousledné frézování, musí být stroj řádně přizpůsoben tak, že se vymezí vůle a předpětí mezi posunovým šroubem a maticí stolu. Pokud tato podmínka není splněna, může dojít k poškození nástroje, popřípadě stroje. [7]

Výhody sousledného frézování:

- vyšší trvanlivost nástrojů,
- možnost použití vyšších řezných rychlostí a posuvů,
- nižší řezný výkon,
- jednodušší upínání (řezná síla přitlačuje obrobek ke stolu),
- menší vznik vibrací,
- obrobená plocha vyšší jakosti.

Nevýhody sousledného frézování:

- nevhodné pro obrábění obrobků s tvrdým a znečištěným povrchem,
- velké namáhání každého zubu při záběru.

b) Nesousledné frézování (viz obr. 2.7b)

U tohoto typu frézování se nástroj pohybuje proti směru posuvu obrobku. Na rozdíl od sousledného frézování se zde tloušťka třísky mění od nulové hodnoty po maximum. Obrobená plocha vzniká, když nástroj vniká do obrobku. Při vnikání nástroje do materiálu z počátku břit materiál stlačuje. K oddělování třísky dochází v okamžiku, kdy tloušťka odřezávané vrstvy dosáhne určité velikosti. Silové účinky a deformace, vznikající při nesousledném frézování, způsobují zvýšené opotřebení břitu. [7]

Výhody nesousledného frézování:

- menší opotřebení stroje (šroubu a matice),
- záběr zubů nezávisí na hloubce řezu,
- povrch obrobku nemá vliv na trvanlivost nástroje.

Nevýhody nesousledného frézování:

- horší jakost obrobené plochy,
- směr síly frézování s ohledem na upnutí.

Podle polohy osy otáčení vzhledem obráběné ploše se rozlišuje:

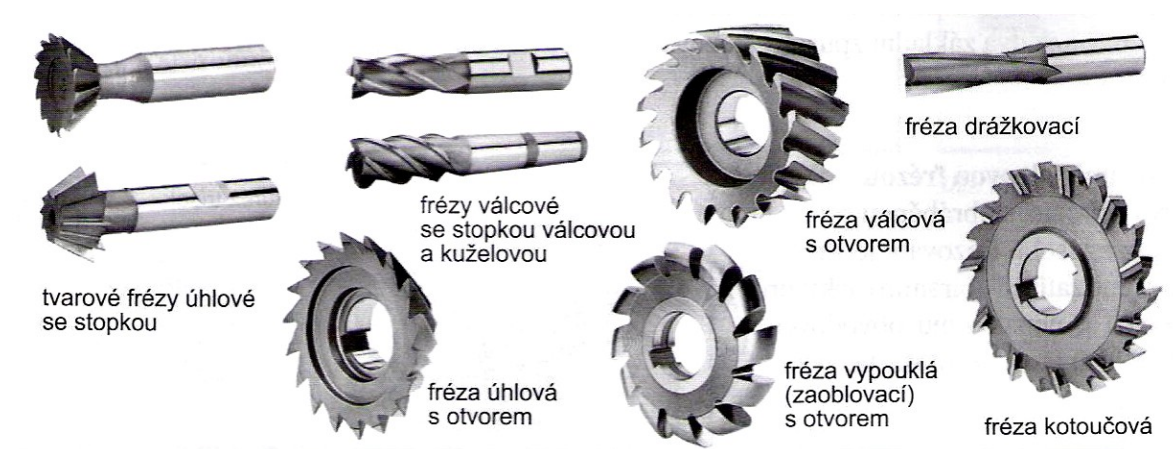
- a) symetrické frézování - osa nástroje prochází středem frézované plochy,
- b) nesymetrické frézování - osa nástroje je mimo střed frézované plochy.

2.2.3. Rozdělení fréz

Nástroje pro frézování - frézy, jsou několikabřité rotační nástroje vyráběné z nástrojové oceli nebo mají vyměnitelné břity ze slinutých karbidů. Tvary a rozměry nejpoužívanějších fréz jsou normalizované. Jednotlivé typy fréz se vzájemně liší tvarem, počtem břitů, způsobem upnutí, materiálem břitů a konstrukcí.

Dělení podle následujících hledisek:

- a) podle ploch, na nichž usazeny břity: (viz obr. 2.9)



Obr. 2.9 Typy frézovacích nástrojů. [11]

b) Podle způsobu upínání:

- nástrčné,
- stopkové (s válcovou/kuželovou stopkou).

c) Podle způsobu výroby břitů:

- frézované,
- lité,
- podsoustružené.

d) Podle počtu břitů:

- jemnozubé,
- polohrubozubé,
- hrubozubé.

e) Podle průběhu břitů:

- přímé,
- pravořezné,
- levořezné,
- se střídavými zuby.

f) Podle směru otáčení

- pravořezné,
- levořezné.

g) Podle materiálů břitů:

- z rychlořezné oceli,
- s břity ze slinutých karbidů.

h) Podle typu konstrukce

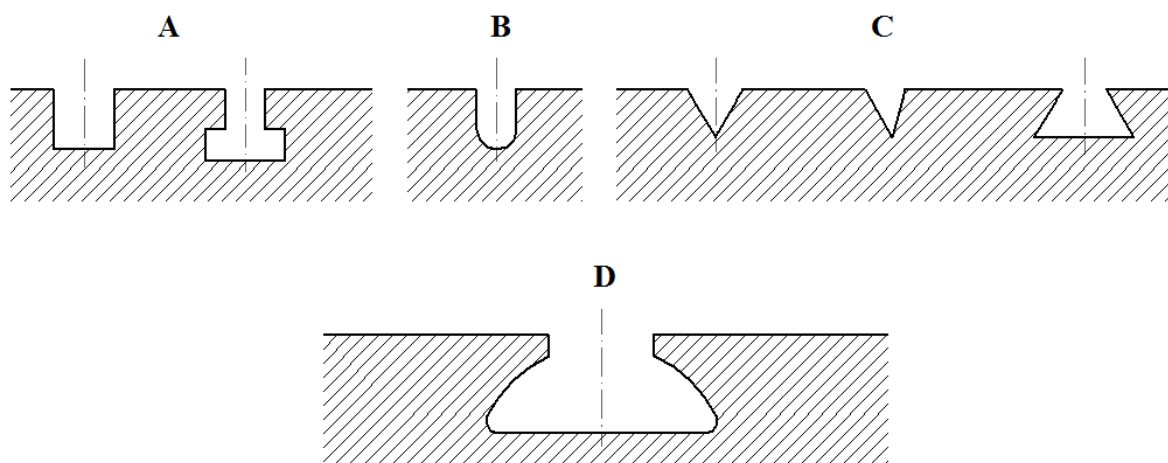
- celistvé,
- dělené,
- složené,
- se vsazenými nebo připájenými destičkami z SK plátky.

2.2.4. Frézování drážek

Tento způsob frézování patří mezi časté frézařské operace. Můžou se frézovat drážky pravoúhlé sloužící pro ustavení péra, T drážky vyskytující se na stolech obráběcích strojů (např. podélný stůl frézky), různých přípravků, základových deskách a podobně. Dále se můžou frézovat tvarové a úhlové drážky sloužící k různým účelům nebo speciální drážky, například pro uchycení šroubu v žebrech podkladnice (viz obr. 2.10).

Rozdělení drážek:

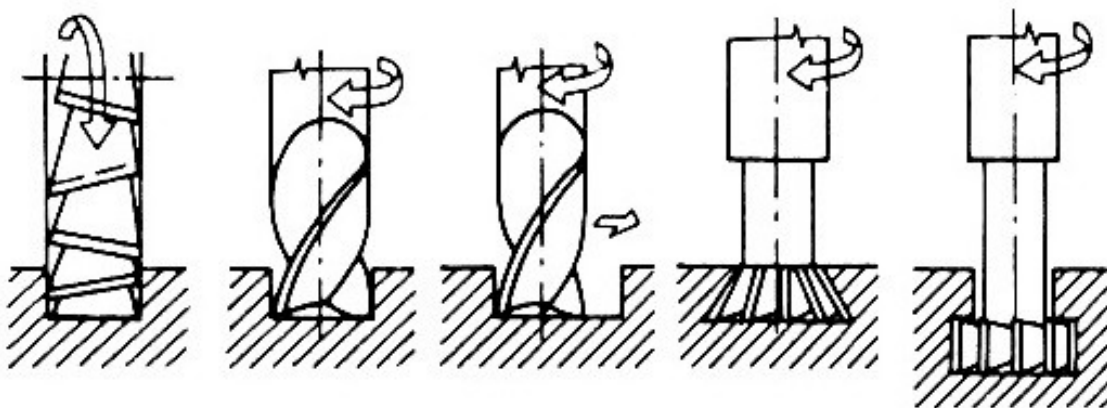
- a) pravoúhlé - tvaru U, T,
- b) tvarové - radiové, modulové,
- c) úhlové - souměrné, nesouměrné a rybinové,
- d) speciální - např. drážka pro šroub v žebrech podkladnice.



Obr. 2.10 Průřezy jednotlivých typů drážek.

Uvedené typy drážek se můžou frézovat na svislých nebo vodorovných frézkách. V sériové a hromadné výrobě se však tyto operace můžou provádět na speciálních frézovacích linkách, které jsou pro tyto operace zvláště přizpůsobeny. Jelikož každá z drážek má plochu, která nemusí být během frézování rovnoběžná s plochou stolu frézky, je nutno ustavit obrobek nebo nástroj tak, aby byly tyto plochy rovnoběžné.

Pravoúhlé drážky uzavřené zapuštěné jsou normalizovány dle ČSN s rozměry předepsaných tolerancí. Při frézování, se musí zajistit přesné ustavení do osy obrobku, přesnou hloubku a šířku drážky, kterou nejčastěji se rozjíždí stopkovou nebo kotoučovou frézou (viz obr. 2.11).



Obr. 2.11 Způsoby frézování drážek a použití jednotlivých typů nástrojů. [12]

Chyby při frézování drážek

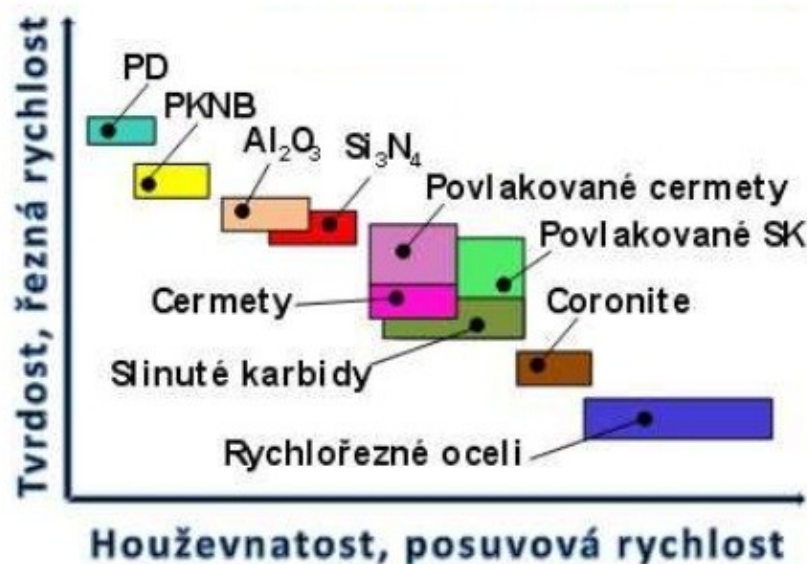
Při frézování drážek se můžou vyskytovat následující chyby:

- **Chybná poloha drážky.** Příčinou může být chybné nastavení vzájemné polohy obrobku a frézy.
- **Chybné rozměry drážky.** Důvodem může být chybně zvolená fréza, resp. její házení (chyba v šíři drážky), chybné výškové nastavení vzájemné polohy frézy a obrobku (chyba v hloubce drážky).
- **Nekvalitní povrch drážky.** Může být důsledkem chybného nastavení řezných podmínek, především posuvu na zub nebo tupá fréza.
- **Povrch součásti je poškozený.** Pokud při upínání nebylo použito ochranných plechů na čelisti svěráku nebo se k doražení obrobku a podložky použila kladiva, může dojít k poškození povrchu součásti.
- **Profil drážky je chybný.** Příčinou je chybný profil frézy nebo chybné nastavení hloubky frézování. [12]

2.3. Řezné materiály

Soudobé řezné nástroje pro strojní obrábění jsou vyráběny z různých materiálů, od nástrojových ocelí (zejména rychlořezných), přes slinuté karbidy (bez povlaků i s tvrdými, otěruvzdornými povlaky), cermety (včetně povlakovaných), řeznou keramiku (včetně povlakované) až po supertvrdé materiály (syntetický diamant a kubický nitrid boru). Tento široký sortiment materiálů je důsledkem dlouholetého a intenzivního výzkumu a vývoje v dané oblasti a má úzkou souvislost s rozvojem konstrukčních materiálů, které je třeba efektivně obrábět i s vývojem nových obráběcích strojů, zejména s číslicovým řízením. [2]

Prakticky každý nový druh nástrojového materiálu znamenal posunutí použitelných řezných rychlostí k vyšším hodnotám (viz obr. 2.12). V současné době, ani v blízké budoucnosti, nelze očekávat objevení zcela nového řezného materiálu, proto je úsilí výzkumných týmů všech významných výrobců nástrojů a nástrojových materiálů zaměřeno spíše na specifikaci optimálního využití již známých materiálů, s velmi přesným vymezením aplikačních oblastí. [2]



Obr. 2.12 Graf závislost mechanických vlastností a pracovních podmínek. [4]

Základní vlastnosti řezných materiálů jsou vysoká tvrdost, houževnatost, odolnost proti opotřebení, pevnost v ohybu a tepelná vodivost. Tyto specifické vlastnosti musí mít materiál po dostatečně dlouhou dobu. [4]

a) Rychlořezná ocel

Pro své specifické vlastnosti jsou rychlořezné oceli uváděny jako samostatná skupina legovaných ocelí. Rychlořezné oceli mají vyšší houževnatost než jakékoli jiné nástrojové materiály. Obsahují obvykle 0,7–1,3 % C a více než 30 % legujících prvků (V, W, Mo, Cr a Co). Rychlořezné oceli se vyznačují střední odolností proti opotřebení a vysokou houževnatostí. Vyrábějí se z nich většinou monolitní tvarové nástroje, frézy, vrtáky, výhrubníky, výstružníky nebo závitníky (viz obr. 2.13). Časté je použití pro nástroje vystavované rázům při přerušovaném řezu. Nástroje z rychlořezné oceli snášejí teplotu bříty do 700 °C a lze je použít pro řeznou rychlost do 50 m.min⁻¹. [4]

Rychlořezné oceli jsou oceli vysoko legované wolframem. Umožňují až 10 krát větší výkony a mají mnohokrát větší trvanlivost než uhlíkové a nízkoalegované nástrojové oceli. Liší se od ostatních nástrojových ocelí jak chemickým složením, tak i tepelným zpracováním. Obsah uhlíku je mezi 0,7 až 1,3 %. Hlavní legující prvky jsou wolfram, chrom a vanad v množství 15 až 22 %. [8]



Obr. 2.13 Ukázka nástrojů z rychlořezné oceli. [9]

b) Slinuté karbidy

Slinuté karbidy jsou v dnešní době díky své vysoké tvrdosti a houževnatosti nejrozšířenějším řezným materiálem. Některé nástroje malých rozměrů se vyrábějí jako monolitické, ale mnohem častěji se vyrábějí destičky normalizovaných tvarů, které se obvykle mechanicky upevňují na řeznou část nástroje. [3]

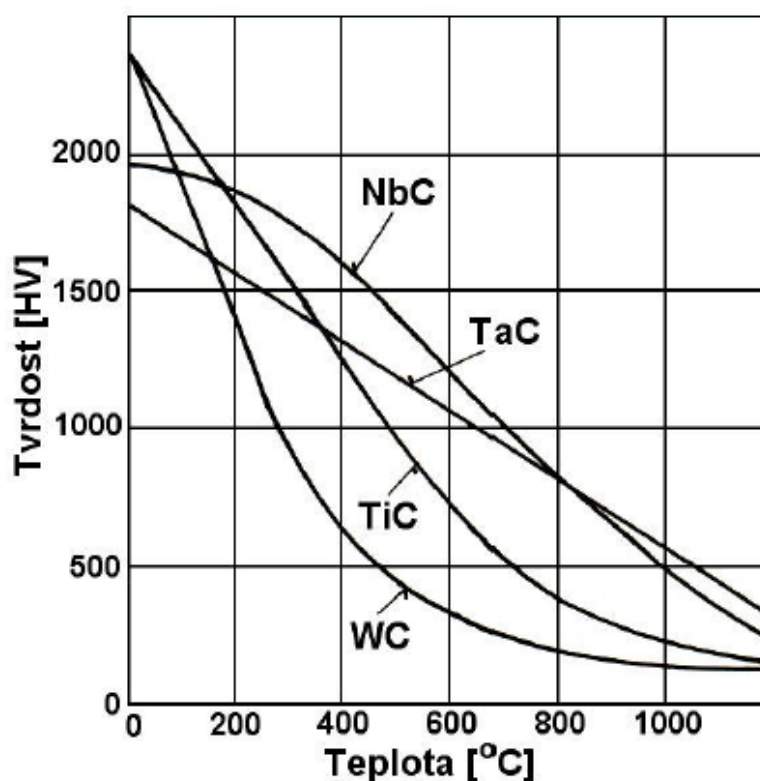
Možnosti použití slinutých karbidů znázorňuje rozdělení do šesti barevně a písmeny, rozlišených skupin (viz tab. 2.2). Podskupiny se označují dvoumístným číslem, které vyjadřují jejich základní mechanické vlastnosti. Obecně přitom platí, že se vzrůstajícím číslem podskupiny klesá houževnatost, pevnost v ohybu a roste otěruvzdornost a tvrdost. Druhy nepovlakovaných slinutých karbidů s vyšším číselným označením se využívají pro střední a těžké obrábění a hrubování. Jejich vyšší houževnatost jim umožňuje užití pro vyšší posuvové rychlosti i při přerušovaném řezu. [3]

Tab. 2.2 Základní rozdělení slinutých karbidů. [3]

Skupina	Podskupiny	Základní chemické složení	Efektivní aplikace pro obráběný materiál
P	P01, P05, P10, P15, P20, P25, P30, P35, P40, P45, P50	WC (30÷82)% +TiC (8÷64)% +Co (5÷17)% + (TaC.NbC)	Slinuté karbidy pro obrábění materiálů, dávající dlouhou, plynulou třísku: Nelegovaná, nízkolegovaná a vysoce legovaná ocel, litá ocel, automotová ocel, nástrojová ocel, feritická a martenzitická korozivzdorná ocel.
M	M01, M05, M10, M15, M20, M25, M30, M35, M40	WC (79÷84)% +TiC (5÷10)% +TaC.NbC (4÷7)% +Co (6÷15)%	Slinuté karbidy pro obrábění materiálů, dávající dlouhou a střední třísku: Austenitická a feriticko austenitická ocel, korozivzdorná, žáruvzdorná, žárovevná, nemagnetická a otěruvzdorná ocel.
K	K01, K05, K10, K15, K20, K25, K30, K35, K40	WC (87÷92)% +Co (4÷12)% + (TaC.NbC)	Slinuté karbidy pro obrábění materiálů, dávající krátkou, drobnou třísku: Nelegovaná i legovaná šedá litina, tvárná litina, temperovaná litina.
N	N01, N05, N10, N15, N20, N25, N30		Slinuté karbidy pro obrábění neželezných materiálů: Slitiny mědi a hliníku, duroplasty, fibry, plasty s vlákninou, tvrdá guma.
S	S01, S05, S10, S15, S20, S25, S30		Slinuté karbidy pro obrábění: Žáruvzdorné slitiny na bázi Fe, superslitiny na bázi Ni nebo Co, Titanu, Ti slitiny.
H	H01, H05, H10, H15, H20, H25, H30		Slinuté karbidy pro obrábění: Zušlechťené oceli s pevností nad 1500 MPa, kalené oceli HRC 48÷60, tvrze křemíkové slitiny HSh 55÷58

Pomocí kvalifikace ISO můžeme správně vybrat vhodný řezný materiál pro určitý způsob obrábění. U většiny výrobců se tento systém využívá jako základní rozdělení při volbě optimálního řezného nástroje. Někteří výrobci ovšem nerozdělují své výrobky do šesti, ale do tří až pěti skupin, přičemž například skupinu obráběných materiálů **N** zařazují pod skupinu **K**, **S** do skupiny **M** a **H** do skupiny **P**. Dělení do základních tří skupin přetrvává podle starší normy ISO. Podrobnější informace o požadovaných vlastnostech určitých druhů slinutých karbidů je nutné zjistit od jednotlivých výrobců řezných materiálů. [3]

Chemické složení, se může výrazně lišit i v jednotlivých skupinách, hlavně v množství přísad kovů (V, Nb, Ta, Ti, Hf) a karbidů (VC, Cr₃C₂, NbC, TaC, Zr/HfC) do výchozí práškové směsi, které mají za úkol zajistit zpomalení růstu zrna WC. Zařazení do skupin odpovídá i schopnost zachování tvrdosti za tepla u tvrdých strukturních složek obsažených v určitém slinutém karbidu. Například slinuté karbidy skupiny **K** mají jako jedinou tvrdou strukturní složku WC, který s rostoucí teplotou velmi rychle ztrácí svou tvrdost, rychleji než je tomu u jiných karbidů (viz obr. 2.14). [3]



Obr. 2.14 Graf závislosti tvrdosti karbidů na teplotě. [3]

3. Rozbor stávající technologie výroby

V této kapitole bude rozebrána soustava stroj-nástroj-obrobek-přípravků použitá během obrábění drážky, původní technologie výroby a budou vyhodnoceny hlavní nevýhody tohoto způsobu obrábění.

3.1. Frézovací linka

Celý proces frézování drážky v žebrech podkladnice probíhá na frézovací lince č. 1, typu AI-Z557 (viz obr. 3.1). Jedná se o speciální plně automatizovanou frézovací linku sloužící pouze k frézování drážek v žebrech podkladnic. Frézování žebrových podkladnic je řešeno jako samostatný celek s návazností na lis LKS 2500 č. 4.

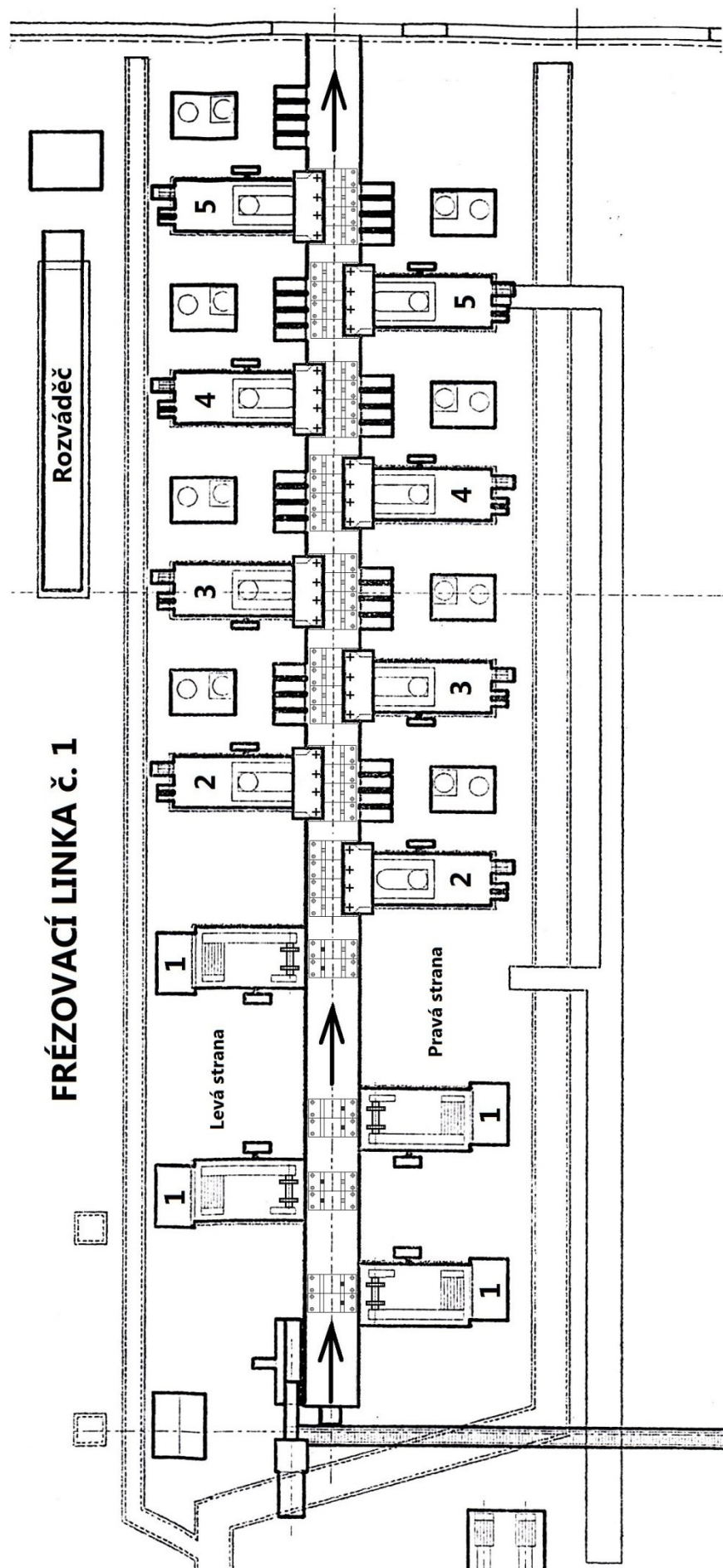


Obr. 3.1 Frézovací linka č. 1

Frézování drážky v žebrech podkladnice probíhá postupně v pěti krocích (viz kap. 3.5) na jednotlivých frézovacích stanicích (viz obr. 3.2). Každý z těchto frézovacích kroků probíhá samostatně, postupně na pravém a levém žebrech podkladnice. V prvním frézovacím kroku je použit nástroj č. 1, obdobně ke každému jednotlivému kroku je přiřazen nástroj se stejným pořadovým číslem (viz kap. 3.2). V každé vodorovné frézovací stanici jsou 4 vřetena pro pracovní nástroj. Po skončení jednoho cyklu jsou vyrobeny 4 podkladnice.

Tab. 3.1 Technická data stroje:

Výrobce:	Zbrojovka Brno		
Rozměry:	délka: 24 500 mm	šířka: 8 000 mm	výška: 2 500 mm
Příkon:	220 kW		
Pracovní tlak:	40 atm/ 4,053 Mpa		
Kapacita výroby:	1700 kusů/směnu		

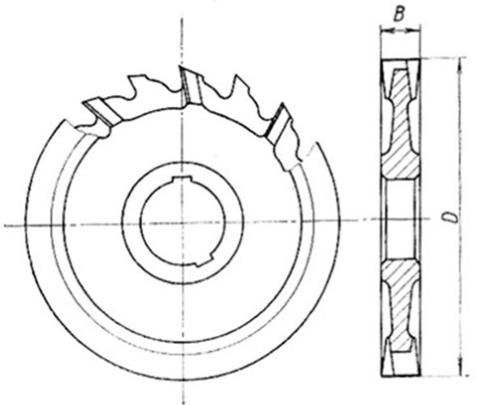


Obr. 3.2 Schéma frézovací linky č. 1

3.2. Použité nástroje

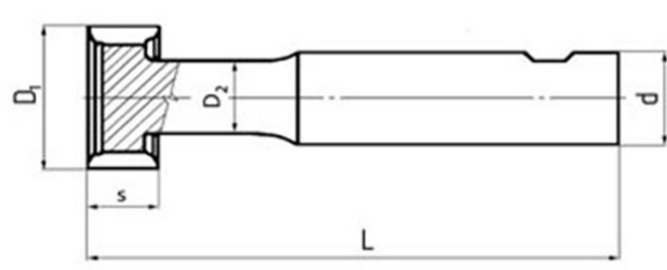
Stávající technologie frézování drážky využívá pět fréz, které postupně v pěti krocích vytvářejí drážku v žebro podkladnice. Všechny tyto nástroje jsou vyrobené z rychlořezné oceli. Frézy pro 2. až 5. frézovací krok jsou monolitní, pouze kotoučová fréza potřebná pro první krok operace disponuje vyměnitelnými zuby z rychlořezné oceli.

a) Nástroj č. 1 - Kotoučová fréza Ø 316

Kotoučová fréza Ø 316	
Materiál:	HSS
	
Šířka frézy (B):	26 mm
Průměr frézy (D):	316 mm
Počet zubů (Z):	24

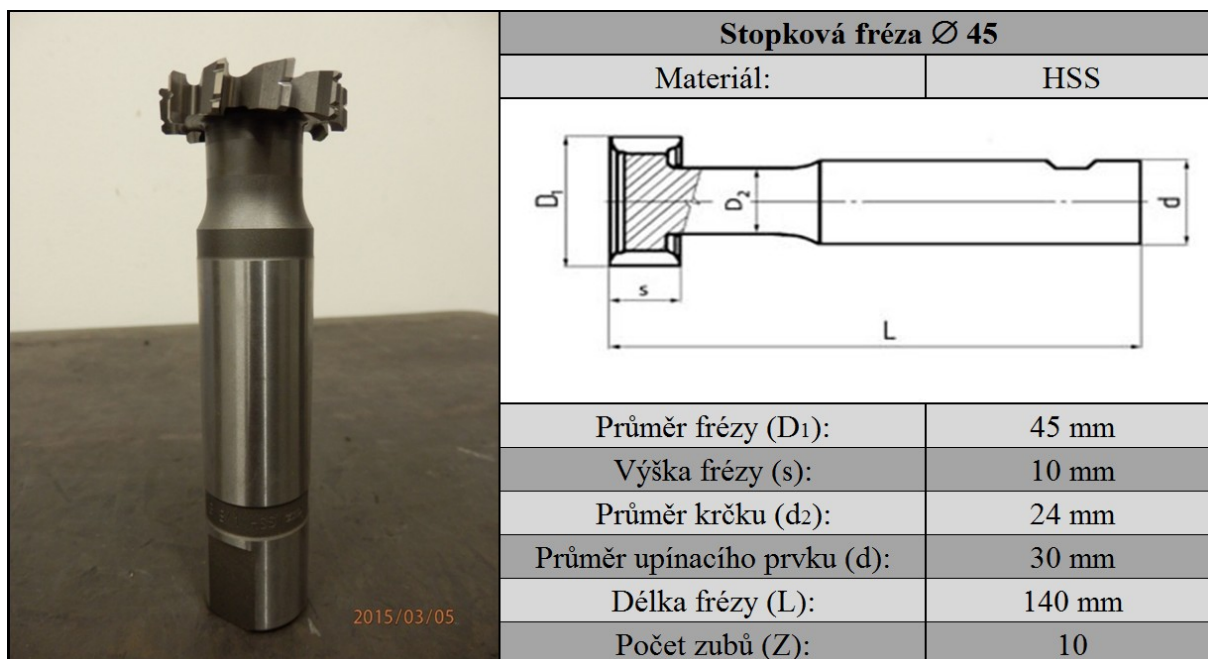
Obr. 3.3 Kotoučová fréza Ø 316

b) Nástroj č. 2 - Stopková fréza Ø 36

Stopková fréza Ø 36	
Materiál:	HSS
	
Průměr frézy (D ₁):	36 mm
Výška frézy (s):	14 mm
Průměr krčku (d ₂):	22 mm
Průměr upínacího prvku (d):	30 mm
Délka frézy (L):	140 mm
Počet zubů (Z):	8

Obr. 3.4 Stopková fréza Ø 36

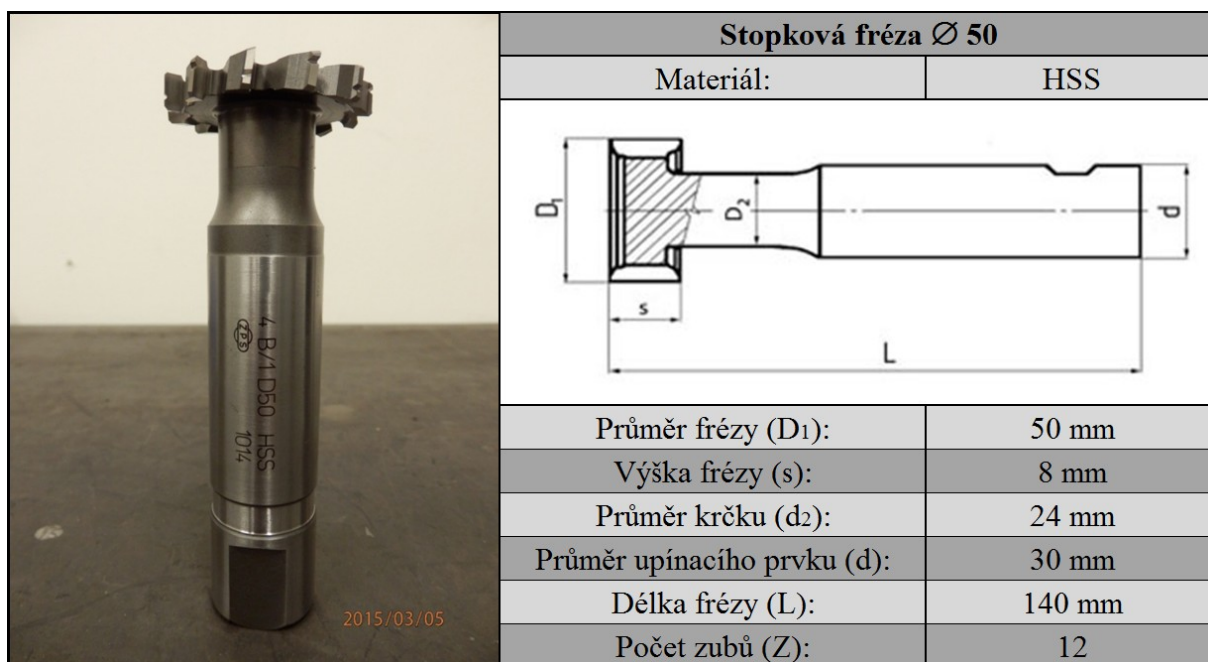
c) Nástroj č. 3 - Stopková fréza Ø 45



Obr. 3.5 Stopková fréza Ø 45

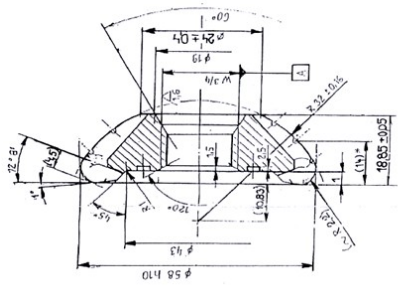
Uvedené stopkové frézy z rychlořezné oceli určené pro 2. až 4. frézovací krok jsou monolitní pravořezné frézy s válcovou stopkou, které postupně vytvářejí v žebro podkladnice T drážky jednotlivých rozměru před finální frézovací operací tvarovou frézou.

d) Nástroj č. 4 - Stopková fréza Ø 50



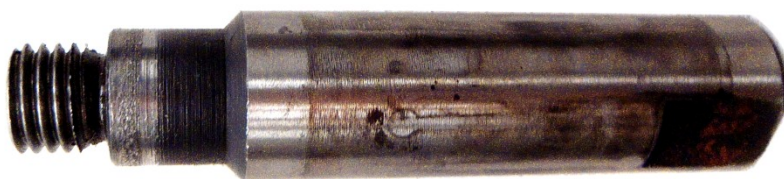
Obr. 3.6 Stopková fréza Ø 50

e) Nástroj č. 5 - Tvarová fréza Ø 58

Tvarová fréza Ø 58	
Materiál:	HSS
	
Průměr frézy (D1):	58 mm
Výška frézy (s):	18,9 mm
Průměr krčku (d2):	24 mm
Průměr upínacího prvku (d):	30 mm
Délka frézy (L):	140 mm
Počet zubů (Z):	12

Obr. 3.7 Tvarová fréza Ø 58

Tvarová fréza (viz obr. 3.7) určená pro finální frézovací krok je speciální pravotočivá monolitní fréza, která svým tvarem vytváří konečné rozměry drážky. Upínací trn (viz obr. 3.8) je z frézou spojen pomocí pravého závitu W 3/4. Frézu je tedy možno od upínacího prvku demontovat, což usnadňuje následné broušení jak rovněž v případě lomu frézy nebo jiného nevratného poškození nástroje zmírňuje finanční náročnost škody, jelikož trn je možno dále používat v kombinaci s jinou frézou.



Obr. 3.8 Rozebíratelný trn tvarové frézy

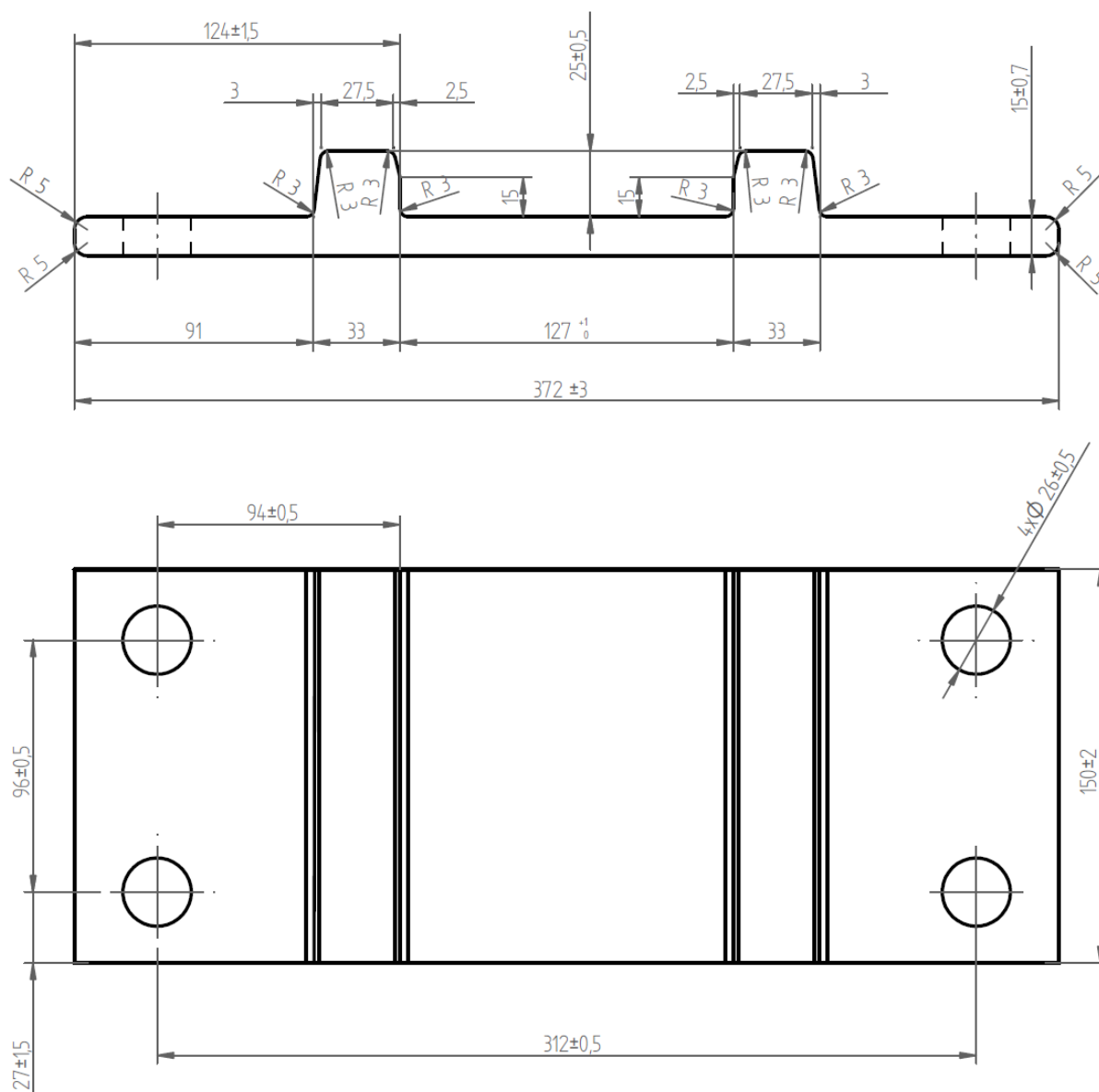
Zásadním problémem u tohoto nástroje je jeho broušení. Jelikož broušení na ploše hřbetu zaručující tvarovou přesnost obráběné plochy se neprovádí z důvodu náročnosti jak časové tak ekonomické, brousí se pouze čelo nástroje. Tím ale postupně dochází ke změně geometrie nástroje, jak rovněž k rozměrovým nepřesnostem konečných rozměrů drážky.

3.3. Obrobek

Polotovarem obrobku je válcovaný pás, který je po uštěžení na potřebnou délku a děrování děr na lisu Schmerall dopraven válečkovým dopravníkem před frézovací linku.

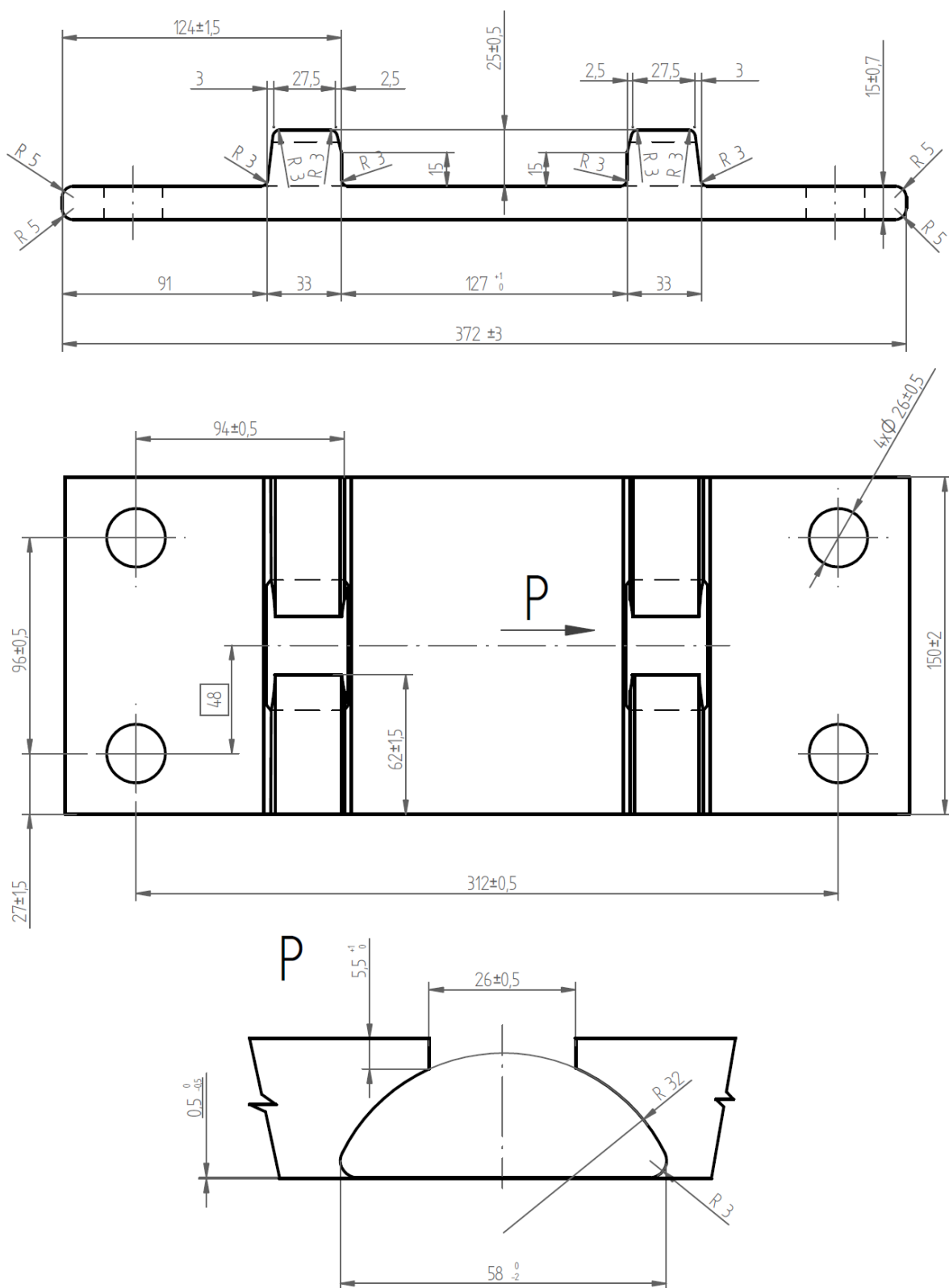
Tab. 3.2 Specifikace oceli obrobku

Značka oceli dle ČSN	Značka oceli dle EN ISO			Číslo materiálu W.Nr.		
11 443	S275JR			1.0044		
Prvek	C	Mn	Si	S	Cu	Cr
obsah prvku [%]	0,17	0,57	0,19	0,01	0,04	0,07



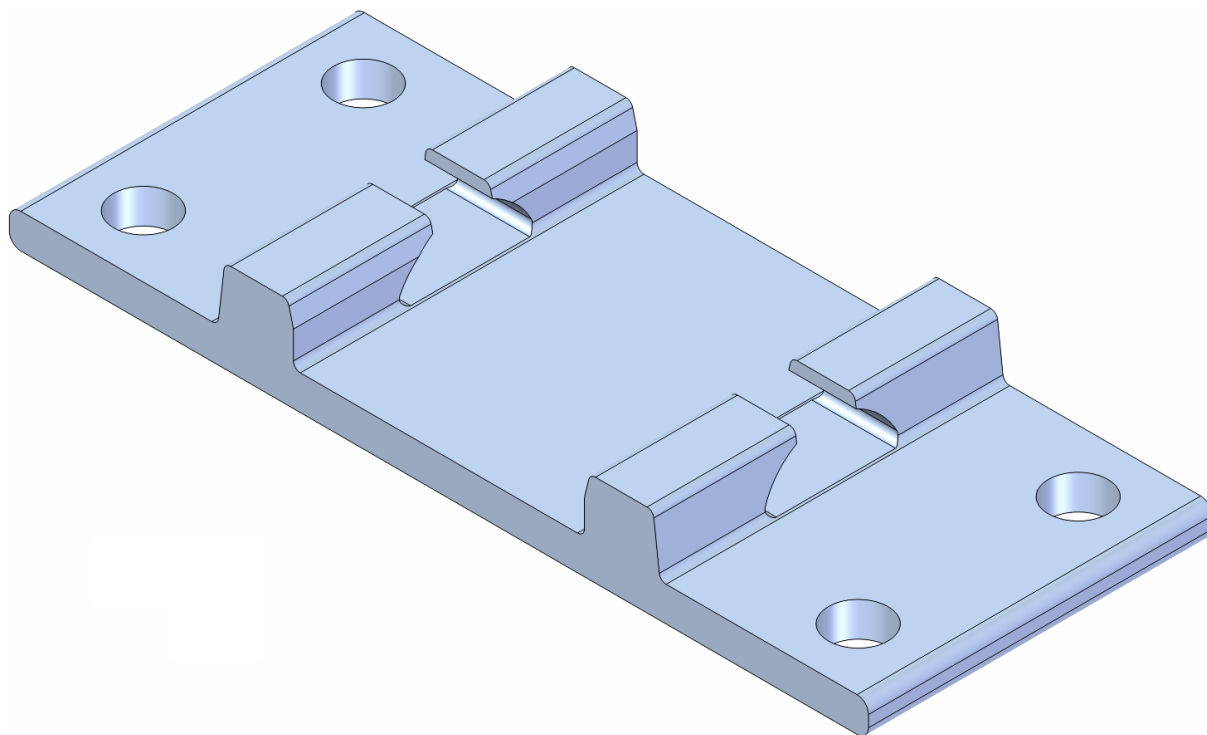
Obr. 3.9 Rozměry obrobku před frézováním drážky

Posledním krokem v procesu výroby ŽP je tedy vyfrézování drážek v žebrech podkladnic. Na obrázku (viz obr. 3.10) jsou vyobrazeny konečné rozměry obrobku včetně finálních rozměrů drážky.



Obr. 3.10 Rozměry konečné podoby obrobku po vyfrézování drážky

Na obrázku (viz obr. 3.11) je znázorněná vizualizace konečné podoby žebrové podkladnice S49-0.



Obr. 3.11 Vizualizace konečné podoby žebrové podkladnice S49-0

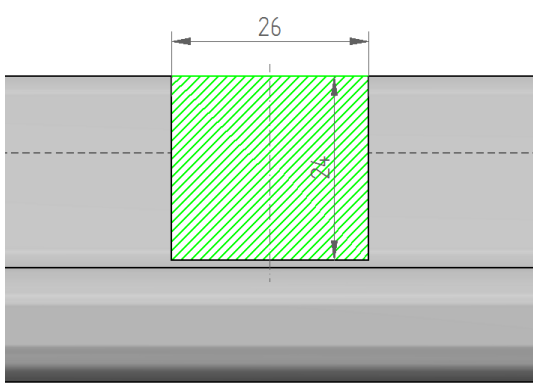
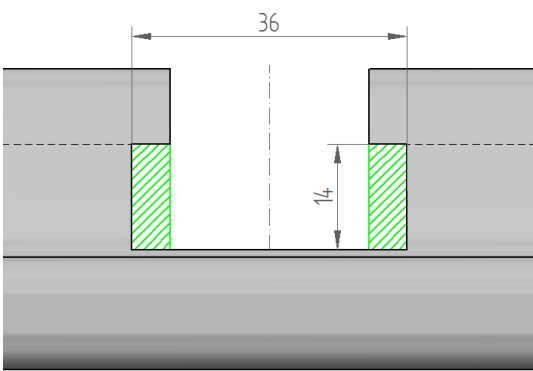
3.4. Přípravek

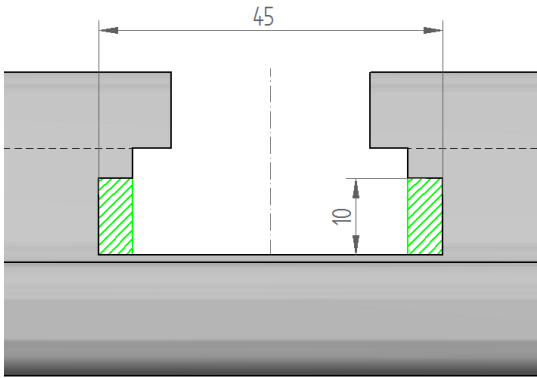
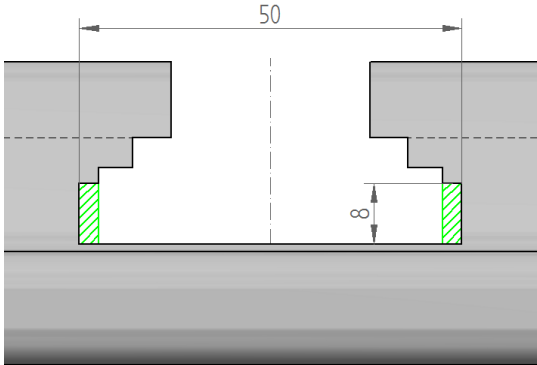
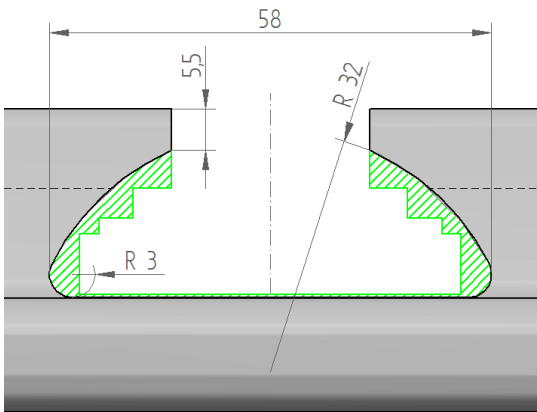
Robot uloží na nakládací stanici 4 ks podkladnic, které zasouvací zařízení zasune na transfer. Po provedení tohoto úkonu transfer dopraví podkladnice do první pracovní stanice, kde nastane první operace – frézování drážky kotoučovou frézou. Upnutí obrobku během jednotlivých obráběcích operací se děje pomocí hydraulických válců, které podkladnici přitlačují odspoda nahoru do tzv. mostů. Při tomto úkonu je obrobek pevně ukotven a dojde k zamezení posunutí obrobku během frézování. Obrobek se dále pohybuje přes frézovací linku mezi jednotlivými frézovacími operacemi automaticky pomocí válečkového dopravníku. Po postupném provedení všech frézovacích operací jsou podkladnice dopraveny transferem do kabiny, kde se brousí otřepy vzniklé při frézování. Dále v případě nutnosti dochází k celkovému ojetení součásti a ke konečné nakládce na paletu pomocí automatického manipulátoru.

3.5. Původní technologický postup frézování drážky

Technologický postup se skládá z pěti operací, kdy je drážka v žebro podkladnice frézována postupně jednotlivými nástroji za určitých řezných podmínek.

Tab. 3.3 Původní technologický postup:

Technologický postup		Název součásti: PLOCHÁ ŽEBROVÁ PODKLADNICE S49-0					
Materiál: S275JR (11 443)		Polotovar – součásti: ŽP S49-0		Č. výkresu:			
Hmotnost hrubá: 8,16 kg		Hmotnost čistá: 7,63 kg		Třída odpadu: 1C		Počet kusů: 1700/směnu	
Oper. krok	POPIS PRÁCE	Nástroj	Výrobní podmínky:				
			f [mm • min ⁻¹]	f _z [mm]	i	v _c [m • min ⁻¹]	n [min ⁻¹]
1/5	<p>Prořez kotoučovou frézou</p> 	Kotoučová fréza Ø 316, B26	120	0,17	1	30	30
2/5	<p>Frézování T drážky stopkovou frézou č. 1</p> 	Stopková fréza Ø 36	120	0,07	1	25	220

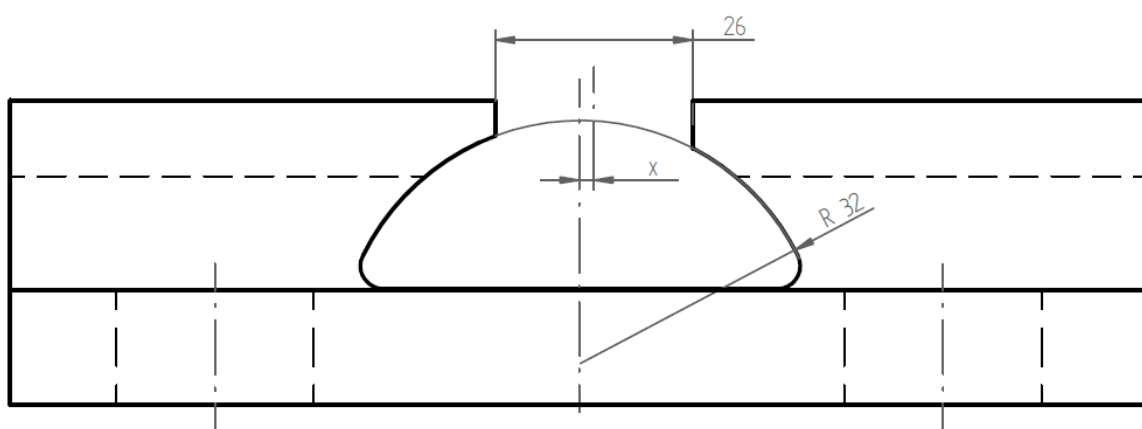
3/5	<p>Frézování T drážky stopkovou frézou č. 2</p> 	Stopková fréza Ø 45	120	0,06	1	31	220
4/5	<p>Frézování T drážky stopkovou frézou č. 3</p> 	Stopková fréza Ø 50	120	0,05	1	35	220
5/5	<p>Frézování drážky tvarovou frézou</p> 	Tvarová fréza Ø 58	140	0,06	1	16 - 36	200

Posuv nástroje f má v prvních čtyřech krocích operace hodnotu $120 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$. Pouze u tvarové frézy je zvýšen na $140 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$. Otáčky nástroje jsou u kotoučové frézy vzhledem k Ø 316 mm nastaveny na hodnotu 30 min^{-1} , u stopkových T fréz je hodnota otáček stejná, tedy 220 min^{-1} a u finální tvarové frézy jsou otáčky sníženy o 20 min^{-1} na konečných 200 min^{-1} . S otáčky samozřejmě souvisí hodnota řezné rychlosti v_c , která se u tvarové frézy díky proměnlivému průměru pohybuje v rozmezí od 16 do $36 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$.

3.6. Nevýhody stávající technologie

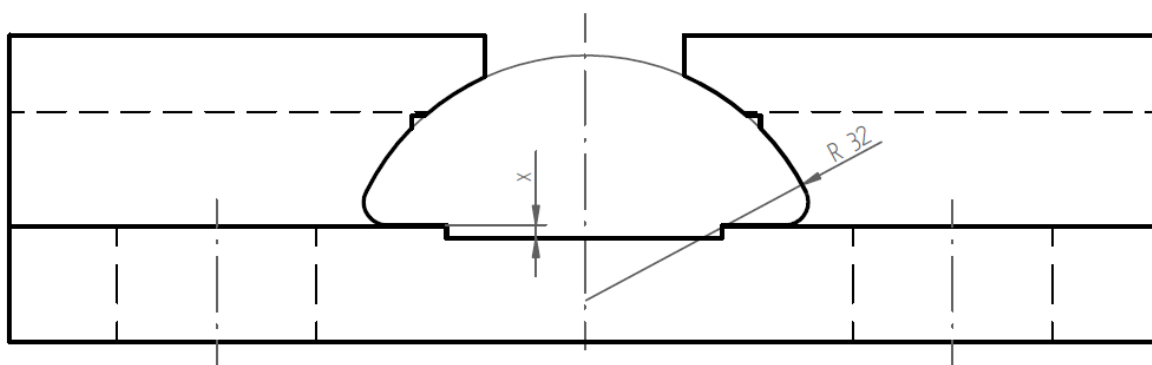
a) rozměrová nepřesnost

Vzhledem k návaznosti jednotlivých kroků operací, je zde nutné velice přesné ustavení vzájemné polohy celé soustavy SNO. Největší nepřesnosti vzniknou při nesprávném seřízení vzájemné polohy u 1. a 5. kroku operace (viz obr. 3.12), kdy tvarová fréza již neobrábí celý profil drážky, a proto při posunutí frézy mimo osu obrobku může dojít k velkým rozměrovým nepřesnostem.



Obr. 3.12 Ukázka rozměrové nepřesnosti

Dalším častým typem rozměrové nepřesnosti je zafrézování drážky do základny podkladnice nebo rýhy v rádiusovém profilu drážky (viz obr. 3.13), což je důsledkem nesprávného seřízení výšky frézy nebo nesprávné seřízení výšky v mostech frézovacího přípravku.



Obr. 3.13 Ukázka rozměrové nepřesnosti

b) vznik otřepu

Během původního způsobu frézování drážky dochází během pravotočivého frézování ke vzniku otřepu na hraně obrobku (viz obr. 3.14), který je potřeba dále obrousovat. To sebou nese jak časovou náročnost procesu výroby, tak i finanční zátěž v podobě mzdy pracovníka, který tuto činnost musí vykonat.



Obr. 3.14 Ukázka vzniklého otřepu po finálním obrobení drážky

c) nutnost broušení otřepu

Broušení otřepu je prováděno ihned po vyjetí obrobku z frézovací linky před nakládkou podkladnice na paletu. Provádí jej pracovník úhlovou bruskou s brusným kotoučem Ø 125mm v kabině, která je k tomuto účelu zvláště přizpůsobená (viz obr. 3.15).



Obr. 3.15 Pracoviště pro broušení nežádoucího otřepu.

4. Návrh změny v technologii frézování drážky

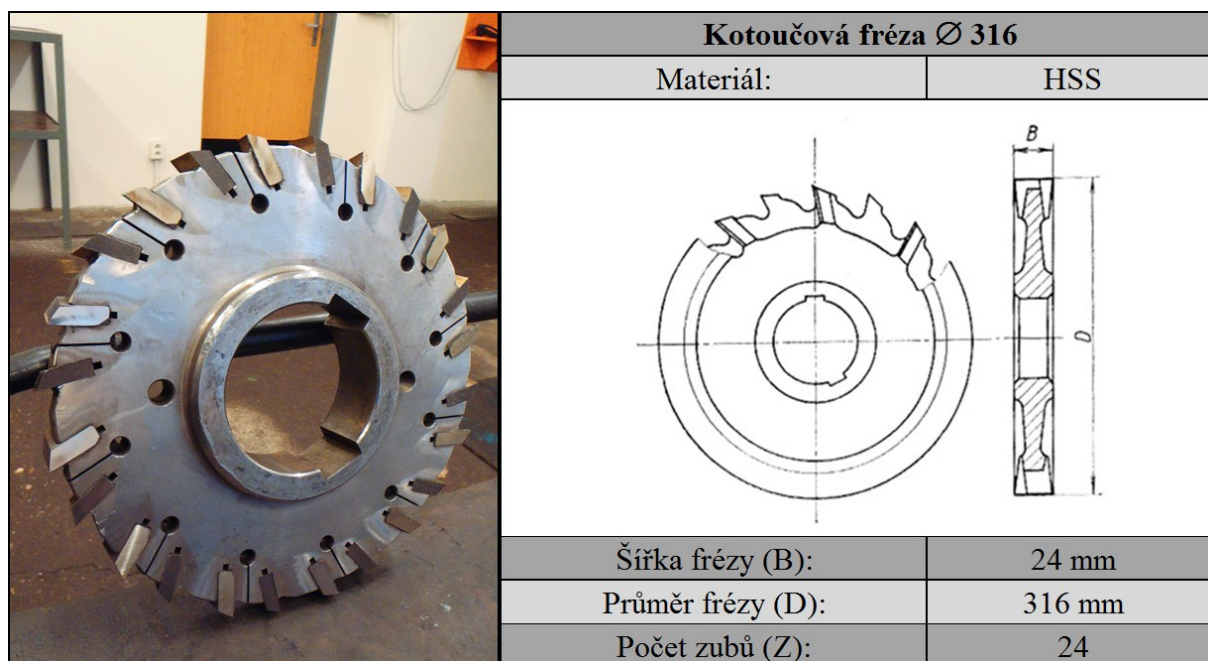
Frézování drážky po změně technologie využívá stejného stroje, tedy frézovací linky č. 1, typu AI-Z557 (viz obr. 3.1) jak rovněž stejných přípravků. Z celé soustavy SNOP dochází pouze ke změně v kategorii nástrojů a příslušných řezných podmínek.

4.1. Nástroje použité v inovované technologii frézování drážky

Předmětem změny v použitých nástrojích se rozumí výměna kotoučové frézy stejného průměru, ale šířky 24 mm oproti původní šířce 26 mm. Dále výměna stopkové T frézy $\varnothing 50$ mm ve 4. kroku operace za tvarovou frézu $\varnothing 51$ mm a nasazení kalibrační tvarové frézy z SK plátky v operačním kroku č. 5 se změnou obráběcích parametrů a změnou smyslu otáčení z pravořezného směru na levořezný.

a) Nástroj č. 1 - Kotoučová fréza $\varnothing 316$

Nově zvolený nástroj (viz obr. 4.1) se liší oproti původnímu nástroji (viz obr. 3.3) pouze v šířce frézy. Původní kotoučová fréza byla o 2 mm širší oproti nově zvolené fréze šířky 24 mm. Počet zubů a průměr nástroje zůstává zachován. Ke změně nedošlo ani v oblasti upínání nástroje, ani použitého materiálu.



Obr. 4.1 Kotoučová fréza $\varnothing 316$

b) Nástroj č. 2 - Stopková fréza Ø 36

Pro operační krok č. 2 zůstává zachován původní nástroj č. 2 (viz obr. 3.4).

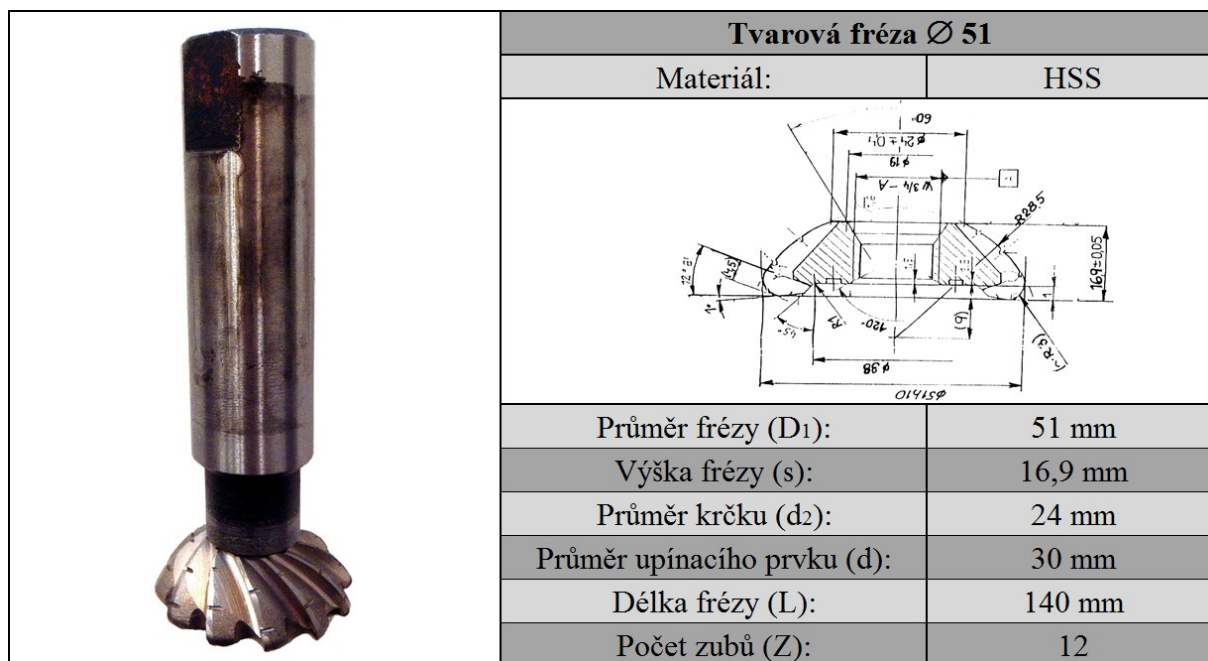
c) Nástroj č. 3 - Stopková fréza Ø 45

Pro operační krok č. 3 zůstává zachován původní nástroj č. 3 (viz obr. 3.5).

d) Nástroj č. 4 - Tvarová fréza Ø 51


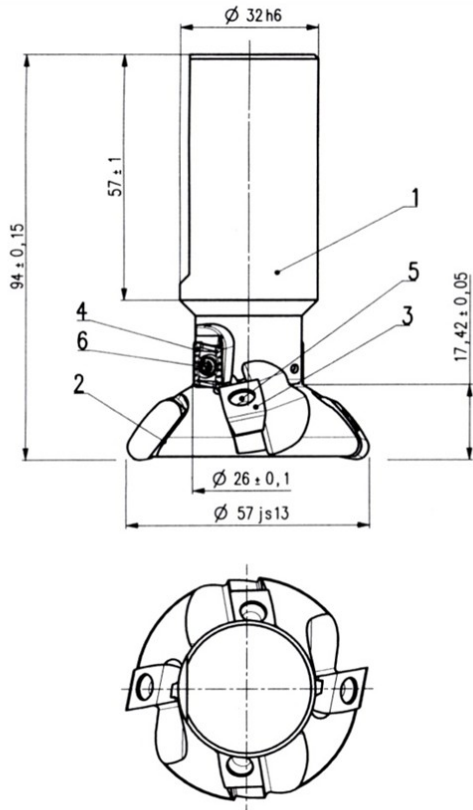
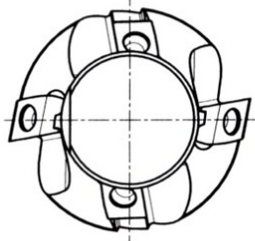
Tato tvarová fréza Ø 51 mm (viz obr. 4.2) nahradila ve 4. frézovacím kroku původní stopkovou frézu č. 3 (viz obr. 3.6). Jedná se o konstrukčně obdobnou tvarovou frézu jako finální fréza použitá v původní technologii (viz obr. 3.7). V porovnání s tímto nástrojem má však maximální průměr D_1 hodnotu 51 mm místo 58 mm. Je rovněž vyrobená z rychlořezné oceli, má 12 zubů a se stopkou nástroje je spojena závitem W 3/4. Rozebíratelná stopka (viz obr. 3.8) je rovněž stejná jako u tvarové frézy Ø 58 mm.

Tato fréza se obvykle používá při finálním frézování menších drážek v jiných typech žebrových podkladnic, kde maximální šířka drážky má hodnotu 51 mm.



Obr. 4.2 Tvarová fréza

e) Nástroj č. 5 - Tvarová fréza s SK plátky Ø 57

Tvarová fréza Ø 57				
Materiál tělesa frézy:		15 230	Materiál VBD:	SK
				
				
Pozice:	Název:	Množství:	Průměr frézy (D1):	57 mm
1	TĚLESO FRÉZY	1	Výška frézy (s):	28 mm
2	VBD XDEX 16 - 1271000	2	Průměr krčku (d2):	26 mm
3	VBD LDEX 13 - 1225000	2	Průměr upínacího prvku (d):	32 mm
4	VBD APKX 1103PDER	2	Délka frézy (L):	94 mm
5	ŠROUBEK US 13	4	Počet VBD:	3 x 2
6	ŠROUBEK US 2506	2	Smysl otáčení frézy:	levotočivý

Obr. 4.3 Tvarová fréza z SK plátky

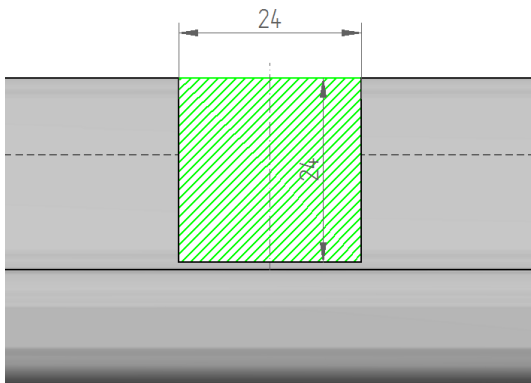
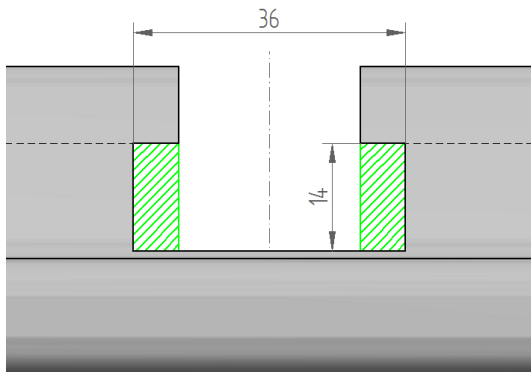
Nový nástroj v podobě tvarové frézy s SK plátky (viz obr. 4.3) je speciálně vyvinutý nástroj sloužící pouze k frézování drážek v žebrech podkladnic. Oproti původní tvarové fríze je tento nástroj levotočivý a celková výška frézy je o 46 mm menší.

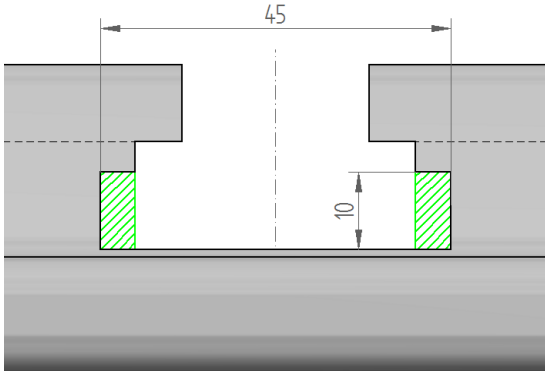
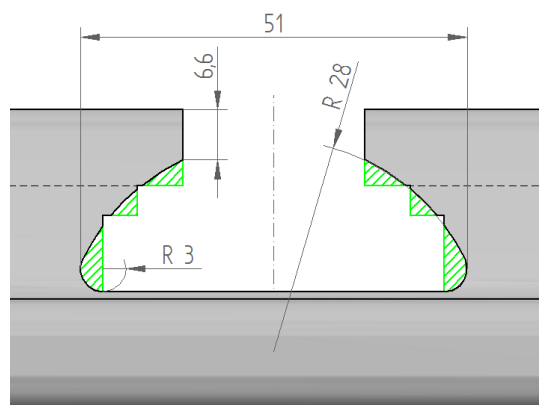
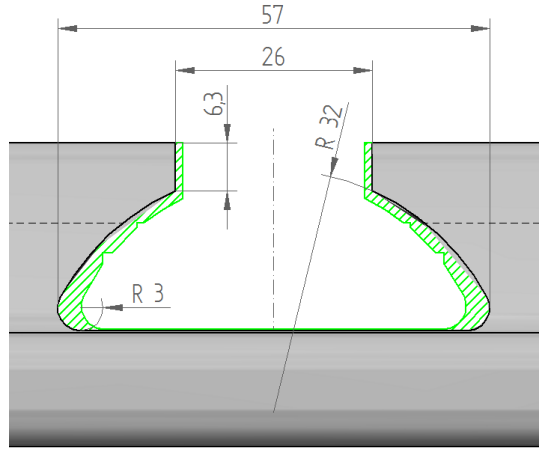
Hlavní výhodou je, že při frézování konečných rozměrů drážky dochází k obrábění celého profilu. Jedná se tedy o frézu kalibrační, která svým tvarem kopíruje celkový tvar drážky včetně krčku. Na fríze jsou upevněny celkem tři typy vyměnitelných břitových destiček ze slinutých karbidů, které jsou k tělesu frézy připevněny šroubky. V případě opotřebení destiček dochází k jejich výměně za destičky nové.

4.2. Změna v technologickém postupu

Změna řezných podmínek se týká pouze operačního kroku č. 5, kdy se změnou nástroje došlo k navýšení počtu otáček z původních 200 min^{-1} na 500 min^{-1} . Tím došlo rovněž k navýšení řezné rychlosti z původní hodnoty $36 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ na $90 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$.

Tab. 4.1 Nový technologický postup:

Technologický postup		Název součásti: PLOCHÁ ŽEBROVÁ PODKLADNICE S49-0					
Materiál: S275JR (11 443)		Polotovar – součásti: ŽP S49-0			Č. výkresu:		
Hmotnost hrubá: 8,16 kg		Hmotnost čistá: 7,63 kg		Třída odpadu: 1C		Počet kusů: 1700/směnu	
Oper. krok	POPIS PRÁCE	Nástroj	Výrobní podmínky:				
			f [mm]	f _z [mm]	i	v _c [m • min ⁻¹]	n [min ⁻¹]
1/5	Prořez kotoučovou frézou 	Kotoučová fréza Ø 316, B24	120	0,17	1	30	30
2/5	Frézování T drážky stopkovou frézou č. 1 	Stopková fréza Ø 36	120	0,07	1	25	220

3/5	<p>Frézování T drážky stopkovou frézou č. 2</p> 	Stopková fréza Ø 45	120	0,06	1	31	220
4/5	<p>Frézování drážky tvarovou frézou</p> 	Tvarová fréza Ø 51	120	0,05	1	35	220
5/5	<p>Fréz. drážky tvarovou frézou z SK plátky</p> 	Tvarová fréza Ø 57	130	0,13	1	40 - 90	500

Obměna nástrojů s sebou samozřejmě nese změnu rozměrů jednotlivých operačních kroků, kdy zásadní změnou je použití tvarové frézy Ø 51 mm místo stopkové T frézy Ø 50 v operačním kroku č. 4 a nasazení kalibrační frézy s SK plátky ve finálním kroku operace, která umožňuje obrábět profil celé drážky najednou, a tím zamezuje případné rozměrové nepřesnosti plynoucí z nesprávného nastavení vzájemné polohy soustavy SNOP.

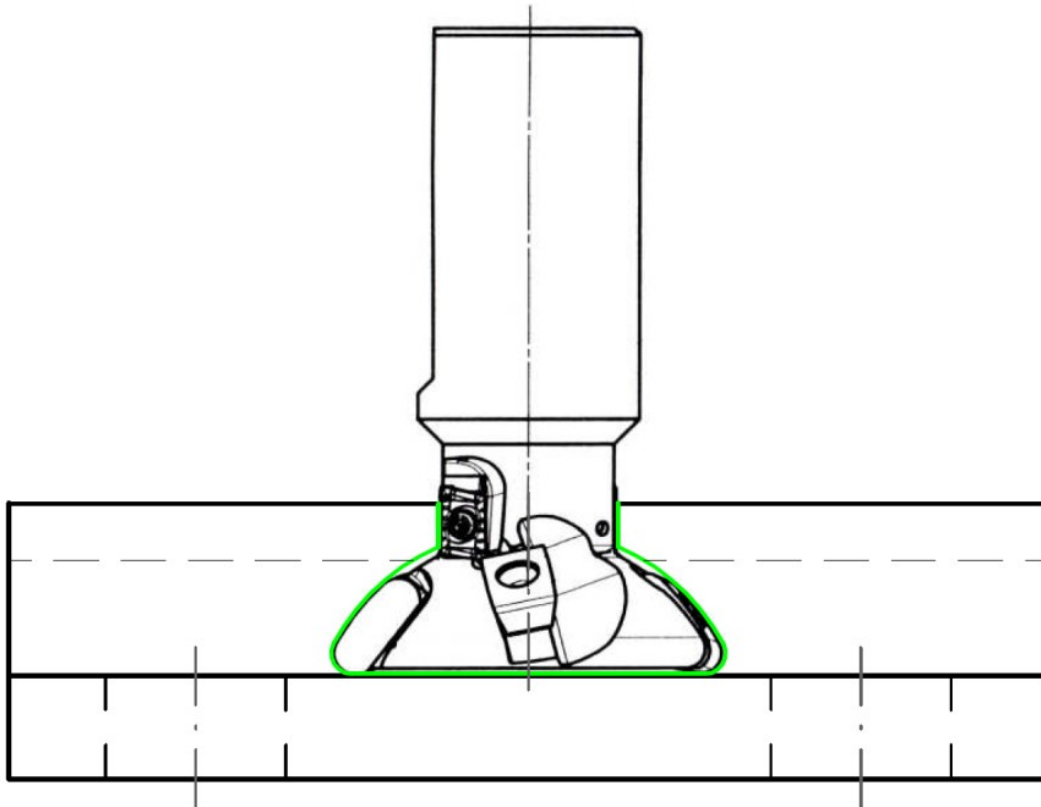
5. Technicko-ekonomické zhodnocení

V této kapitole bude zhodnocen možný přínos inovované technologie, jak rovněž uvedení nedostatků plynoucích z přechodu ze zaběhnutého způsobu výroby na nově vyvinutý způsob obrábění.

5.1. Výhody nového způsobu obrábění

a) rozměrová přesnost celého profilu drážky

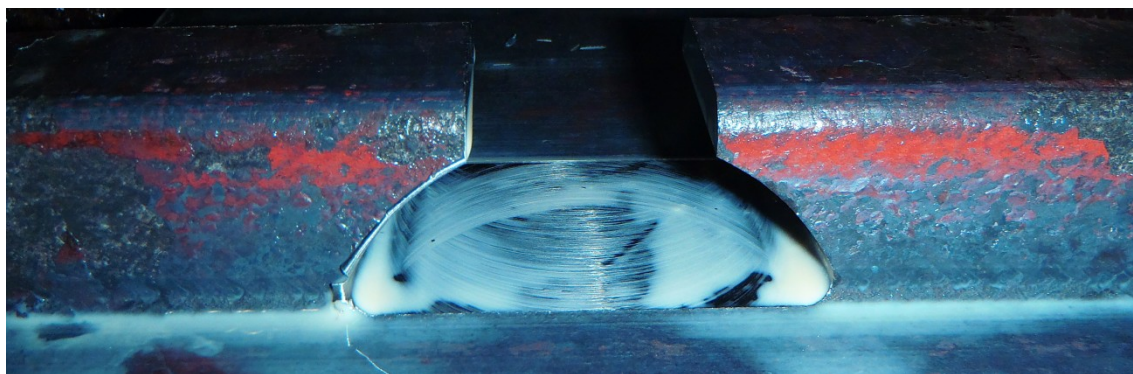
Hlavní výhodou nové technologie je již zmiňovaná kalibrace celého profilu drážky finálním nástrojem, který obrábí drážku po celém obvodu (viz obr. 5.1). Tím dochází k zamezení vzniku možných rozměrových nepřesností, které mohou vzniknout při nesprávném seřízení vzájemné polohy nástrojů a obrobku v předchozích krocích procesu obrábění drážky.



Obr. 5.1 Schéma znázorňující průchod kalibrační frézy drážkou podkladnice.

b) zamezení vzniku otřepu

Vznik otřepu je do jisté míry zamezen. Jeho výskyt je ve většině případů eliminován nebo jsou jeho rozměry v toleranci. Na obrázku níže (viz obr. 5.2), je ukázka obrobené drážky po změně technologie a je zde patrné, že vzniklý otřep je v porovnání s původním otřepem (viz obr. 3.14) nesrovnatelný. Mnohdy k otřepu nedocházelo vůbec, a proto je možné předpokládat, že po správném seřízení a vyladění procesu obrábění může být tento jev trvalý.



Obr. 5.2 Ukázka obrobené drážky po změně technologie.

c) časová úspora ve výrobním procesu

Jelikož v případě zamezení výskytu otřepu odpadá nutnost jeho broušení, dochází tedy ke zkrácení délky celého procesu výroby. Podkladnice jsou po vyjetí z frézovací linky očištěny a ihned uloženy manipulátorem na paletu, která je po naplnění převezena na sklad, kde je připravena k expedici.

d) úspora mzdy pracovníka, popřípadě možnost jeho přesunu na jinou práci

Pracovník, který původně brousil otřepy, může být přesunut na jinou práci. Dochází tedy ke snížení nákladů v procesu výroby na každém kusu žebrové podkladnice.

5.2. Nevýhody nového způsobu obrábění

Hlavní nevýhodnou plynoucí ze změny technologie a použití nové kalibrační frézy je finanční náročnost v podobě pořízení nového sortimentu nástrojů. Dále nemožnost broušení nástroje, ale pouze výměna opotřebované vyměnitelné břitové destičky za zcela novou.

Uvedená změna v technologii se v momentální době nachází ve fázi zkoušení a seřizování, proto bude nějakou dobu trvat, než se celý proces seřídí, zaběhne a dojde k zahájení plynulé výroby bez větších prostojů.

5.3. Ekonomické zhodnocení

Vzhledem k tomu, že je autor práce vázán respektovat firemní tajemství, v této kapitole nebudou uvedeny žádné ekonomické ukazatele.

6. Závěr

Tato diplomová práce se zabývala racionalizací výroby žebrové podkladnice v podmínkách firmy Třinecké železářny, a.s.

Byl proveden teoretický rozbor celé problematiky, tedy stručný popis procesu frézování, rozdělení frézovacích nástrojů, frézování drážek a obecné informace o nástrojových materiálech. Dále byl proveden rozbor původní technologie frézování drážky v žebro podkladnice, tedy popis frézovací linky č. 1 nacházející se ve staré hale střediska drobného kolejiva, provozu válcovny předvalků a hrubých profilu, dále popis frézovacích nástrojů použitých v původní technologii výroby, stručný popis přípravků a detailní rozkreslení původního technologického postupu frézování drážky, včetně uvedení řezných parametrů.

Racionalizace výroby žebrové podkladnice spočívala v obměně tří z pěti frézovacích nástrojů používaných v původní technologii frézování drážky, společně se změnou řezných podmínek a smyslu otáčení u nové tvarové frézy s SK plátky použité u operačního kroku č. 5. Po zkušebním provozu bylo ihned patrné, že došlo ke zlepšení kvality obrobeného povrchu společně s eliminací nežádoucího otřepu vznikajícího na hraně obrobené plochy během původní technologie obrábění. Tím pádem došlo ke zkrácení času výroby o čas na obrušování otřepů a k úspoře pracovní síly potřebné k tomuto úkonu. Dále inovace technologie díky nasazení kalibrační frézy zajistila rozměrovou přesnost celého profilu drážky, kdy v původní technologii docházelo k nesouososti krčku k profilované části drážky a zafrézování do základny podkladnice nebo rýhy v rádiusovém profilu drážky.

Změna v technologii frézování je v současné době ve fázi zkoušek, seřizování a vývoje a je zde předpoklad, že po jeho vyladění dojde k nasazení této technologie do běžné praxe.

7. Seznam použité literatury

- [1] TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY. *Kolejnice* [online]. 2015 [cit. 2015-04-03]. Dostupné z: http://www.trz.cz/web/trzocel.nsf/link/kolejnice_cz.
- [2] HUMÁR, Anton. *Materiály pro řezné nástroje*. Praha: MM Publishing, 2008, 235 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
- [3] DEMBEK, Jiří. *Slinuté karbidy a jejich efektivní využití*. Brno, 2010. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně.
- [4] FOREJT, Milan a Miroslav PÍŠKA. *Teorie obrábění, tváření a nástroje*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně.
- [5] BRYCHTA, Josef; ČEP, Robert; SADÍLEK, Marek; PETŘOVSKÁ, Lenka; NOVÁKOVÁ, Jana. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 2007 Dostupné na <http://www.elearn.vsb.cz/archived/FS/NSPO>. ISBN 987-80-248-1505-3.
- [6] VAŇÁK, Antonín.: *Technologie frézování*. Šumperk, 2007 Název projektu: Tvorba a realizace vzdělávacích programů pro svařování kovů, obrábění kovů: Dostupné na: http://www.sossou-spk.cz/esf/TEC_fr.pdf
- [7] ŠIROKÝ, Jiří. *Racionalizace výroby při obrábění odlitků*. Ostrava, 2010. Diplomová práce. VŠB - Technická univerzita Ostrava.
- [8] NOSEK, Jan. *Nástroje z rychlořezné oceli a jejich aplikace v současnosti*. Brno, 2008. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně.
- [9] JÍLEK, M. *Nová průmyslová technologie povlakování*. [online]. Dostupné na Word Wide Web: <<http://www.mmspektrum.com/clanek/nova-prumyslova-technologiepovlakovani>>.
- [10] Drobné kolejivo. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2015, 20.2.2015 [cit. 2015-04-03]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Drobn%C3%A9_kolejivo.

- [11] FIALOVÁ, D., GRADEK, V. *Zámečnické práce a údržba: Technologie 1. díl*. Praha: Parta, 2007.
- [12] Frézování drážek. [online]. 5.11.2014 [cit. 2015-04-08]. Dostupné z: <http://zoei.sssebrno.cz/frezovani-draek/#content1213>.

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat především mému vedoucímu práce panu Ing. Jiřímu Kratochvílovi, Ph.D. za odborné rady a vedení během zpracování této diplomové práce. Dále pak děkuji svým spolupracovníkům panu Aloisovi Marekwicovi, Jiřímu Kohutovi a Martinovi Kukuczskovi za vysvětlení mnoha věcí a poskytnutí materiálů. V neposlední řadě děkuji svoji manželce za trpělivost a podporu během psaní a zpracování této práce.

V Bukovci dne: 10. 5. 2015

Bc. Adam Pomykacz